











اسماء ذوات قریبی مدتی الزمہ بنامہ حال افتاء علی بالعماسیم بسرای الرعقران  
اسماء الفرقة الاولى

عدد احمد زهني

1 محمد صدق

1 يوسف حسني — توفی

1 محمود سامی

1 يوسف حبيب

1 حسني فريد

1 مصطفى فايد

1 احمد علمي

1 محمد طلعت

1 ابراهيم حسني — توفی

1 حسني فاضل

1 احمد راشد

1 محمد فاضل — توفی

1 احمد كمال

1 محمود صبري

1 احمد عزي

1 محمود طلعت — توفی

1 مصطفى صدق — توفی

1 عبد المجيد سامی

1 سليم دهي

عدد اسمي زكي — توفی

1 خليل ربيع

1 محمد فريد

1 ابراهيم سروت

1 حسني شريف

1 احمد رفعت

1 محمد عصمت

1 محمد منير

1 محمد زكي

1 علي صدق — توفی

1 عثمان صدق

1 حافظ صبيحي

1 محمود فوري — توفی

1 محمد سروت

1 حسني واصف

1 عبد المجيد علمي

1 احمد عزت

1 مصطفى علمي

1 صالح نظيف





# فهرست کتاب شحرک السوائل

في المنافذ والانايب

صفحة	
١	الفصل الاول
	كلام كلي في التحرك الدوامي لمائع متجانس المادة
	في الحالة التي يمكن فيها اهمال الاحتكاكات
٥	الفصل الثاني
	في تصرف المائع من المنافذ الصغيرة في الظروف الرقيقة
١٠	الفصل الثالث
	في تصرف المنافذ المتفرجة المدخل
١٢	الفصل الرابع
	في تصرف المصب
١٣	الفصل الخامس
	في تأثير التكيف التدريجي لقطع الاواني
١٧	الفصل السادس
	في تأثير الانفراج الدفعي للقطع في الاواني
٢٤	الفصل السابع
	في بيان تأثير الموصلات الاسطوانية
٢٩	الفصل الثامن
	في التحرك الدوامي للموائع في انايب التوصيل
٣٩	الفصل التاسع
	في تأثير تغيرات قطع انبوبة التوصيل



- ٤٧ الفصل العاشر  
في حساب ما يتعلق بتوزيع المياه بواسطة الانابيب  
في النجان
- ٤٨ الفصل الحادي عشر في التحرك الدوامي للمياه في النجان  
المكشوفة  
الحالة الاولى وهي حالة التحرك المنتظم
- ٥٦ الفصل الثاني عشر  
في التحرك الدوامي للمياه في النجان المكشوفة
- ٦٨ الفصل الثالث عشر  
في التناوب السطحي لجاري الماء
- ٨٠ الفصل الرابع عشر  
في تأثيرات التغيرات الدفعية الحادثة لقطع النجان المكشوفة
- ٨٣ الفصل الخامس عشر  
في تضاعف الماء والاجسام الصلبة عند تحركها النسبي  
الحالة الاولى في ضغط عرق مائع على مستو ثابت
- ٨٧ الحالة الثانية في الضغط الحاصل من مائع دوامى التحرك في موصل  
اسطوانى على مقاومات متنوعة
- ٩١ في الضغط الحاصل على جسم مستدير من جزئه الامامى ومسطح من  
جزئه الخلفى
- ٩١ في الضغط الواقع من مائع على جسم اسطوانى طوله يساوى نحو ثلاثة  
امثال قطره

- ٩٣ في الضغط الحاصل على الاسطوانة المتقدمة مصحوبة بمقدم
- ٩٣ الحالة الثالثة في الضغط الحاصل من مائع غير محدود على مقاومات متنوعة ثابتة في حالة التحرك المنتظم
- ٩٦ الحالة الرابعة في الاجسام الطاقئة المنشورية ذات المقدم والمؤخر
- ٩٧ في الاجسام التي على صورة السفن
- ٩٧ في السفن ذات المقادم والمآخر المنفرجة الجارية في الخلقان
- ٩٧ الحالة الخامسة في انبوبة بيتو

## في الطارات المائية

- ٩٩ الفصل الاول
- تعريفات عامة تتعلق بالالات
- ١٠٥ الفصل الثاني
- في الطارات التحية ذات الكفات المستوية المحكمة الوضع في مدار
- ١٢٠ الفصل الثالث
- في الطارات التحية ذات الكفات المنحنية
- ١٢٥ الفصل الرابع
- في الطارات ذات المدار المستدير المعروفة بالطارات الجينية
- ١٣٤ في الطارات البطيئة ذات المدار المستدير
- ١٤٠ الفصل الخامس
- في الطارات ذات العلب غير المتعشقة بمدار
- ١٤٤ الفصل السادس
- في الطارات الافقية ذات الكفات المنحنية التي يدخل فيها الماء بسرعة عظيمة ويهبط فيها مع بقاءه على بعد ثابت من المحور (وهي طارات اولير)



١٤٩ الفصل السابع

في الطارات التي يدخل فيها الماء بسرعة عظيمة ثم يهبط فيها اخذا في القرب من المحور (وهي شبيهة بسابقتها)

١٥١ الفصل الثامن

في الطارات التي يتحرك فيها الماء متحركا افقيا (وهي طارات فورنرون)

١٥٨ الفصل التاسع

في الطارات التي يدخل فيها الماء بسرعة صغيرة ويخرج من منافذ راسية

١٦٠ الفصل العاشر

في الطارات ذات الكفات المتحركة في تيار عظيم القطع

## في حرك الغازات

١٨٥ الفصل الاول

في التصرف الدوامي لغاز من متخذ صغير في الحالة التي يقطع النظم فيها عن الاحتكاك

١٩٦ الفصل الثاني

في التحرك الدوامي للغازات في الانابيب الاسطوانية

٢٠٠ الفصل الثالث

في الشغل اللازم لادخال كمية معينة من الهواء في حوض

٢٠٣ الفصل الرابع

في التغيرات الدفعية لقطع انابيب تحرك الغازات

## في الطلبات

٢٠٧ في الطلبات ذات التحرك المستقيم المتردد تعريفات من (بند ٢٢٣) الى (بند ٢٣٠)

٢٠٨ جدول ترتيب الطلبات ذات التحرك المستقيم المنتظم  
٢٠٩ في ملاء الطلبات وبيان اسباب وقفات الماء فيها من (بند ٢٣٢) الى (بند ٢٣٧)

٢١٣ شروط توازن الطلبية الماصة الرافعة فملوءة من (بند ٢٢٧) الى (بند ٢٤٠)

٢١٦ في حساب شغل القوى في الطلبات من (بند ٢٤٠) الى (بند ٢٤١)  
٢١٧ في توازن طلبية ماصة ذات مكبس مصمت وفي شغل القوى المحركة للطلبية المذكورة من (بند ٢٤١) الى (بند ٢٤٢)

٢١٨ في توازن الطلبية الماصة الكاسية وشغل القوى المحركة لها من (بند ٢٤٢) الى (بند ٢٤٥)

٢١٩ فيما يلزم اعتباره لضبط حساب طلبية من (بند ٢٤٥) الى (بند ٢٤٦)

٢٢٠ في حساب شغل احتكاك الماء في انابيب الطلبات من (بند ٢٤٦) الى (بند ٢٤٩)

٢٢٣ في استعمال حوض الهواء لحصول تحرك دواحي للماء في انبوبة الرفع من (بند ٢٤٩) الى (بند ٢٥٠)



٢٢٤ في استعمال حوض الهواء لمنع الاصطدامات الكبشية وفي حساب  
الاصطدامات المذكورة من (بند ٢٥٠) الى (بند ٢٥٣)  
٢٢٩ في حساب حجم الماء المرفوع بطلبة في (بند ٢٥٤)

## تنبيهات لازمة للقارى

الحروف المستعملة فى الاشكال حروف كبيرة واما الحروف المجمعولة رموزا للكميات الداخلة فى الحسابات فاغلبها صغيرة وكل منها فى الغالب يدل ايضا على كمية واحدة فالحرف (م) مثلا يرمز به للمجسم و (ث) للتقل و (ع) للسرعة و (ضـ) للضغط و (سـ) للبعد المتغير و (حـ) لعجلة سقوط الاجسام وقدرها ٧٩ و ٩ فى عرض القاهرة وغير ذلك ولتمييز المقادير المختلفة للكمية المرموز اليها بالحرف الواحد توضع على الحرف المذكور فتحات مائلة هكذا  $\text{ـهـ}$  الخ يلفظ بها على التوالى اولى وثانية وثالثة الخ ويوضع للتمييز ايضا جرمة صغيرة هكذا (٠) اسفل الحرف وللفاضل (فا) وللتكامل (كـ) وللقطر (قطـ) فى انابيب توصيل السوائل وللسرعة فى قاع الخلبان (سـع) وفى بعض الاحيان (قـع) وقد وضعنا للقارى ايضا فى اول الكتاب جدولافيه بيان الخطا والصواب هكذا

صواب	خطا	صحيحة سطر
٢٢ و ٢٢	فى الحانة العاشرة من الجدول ١ و ٢٢	١٥ ١٣
بموجب (بند ٢)	بموجب (بند ٣)	٧ ١٤
$\frac{٢٤}{٢٢} - \frac{٢٤}{٢٢}$	$\frac{٢٤}{٢٢} - \frac{٢٤}{٢٢}$	٨ ١٤
الجوامد	الاجسام	١٨ ٣١
يكتب امام معادلة هذا السطر (٦)		١٣ ٤٢
الخيط م	الخيط و	١٣ ٤٩
وهى	وهو	٧ ٥٠



صواب	خطا	سطر	صفحة
نق = $\frac{ع}{ح}$	نق = $\frac{ع}{ح}$	١٦	٥٢
وعدد	اوعدد	١٦	٦٢
س قاع + قاع = ٠	س قاع + قاع = ٠	٦	٦٤
٠ ٤١٥ و	في خانة ٢ من الجدول ٩ ٤١٥ و	٦	٧٢
من الخاتين	في خانة ٨ من الجدول من الخاتين	٤	٧٣
٠ ٤١٩ و	في خانة ١١ من الجدول ٩ ٤١٩ و	٥	٧٣
٠ ١٦٧ - ٠ ٠٦٤ + ٠ ١٥١ =	٠ ٠٦٤ + ٠ ١٥١ =	٤	٨٠
للقيتين شبه وشه	للقيتين شبه وشه	٩	١٠١
$= \frac{٠٤٠}{١٠٨}$	$= \frac{٠٤٠}{١٠٨}$	١٢	١١٤
١٠ ١١٧	١٠ ١١٧	١٠	١١٧
٠ ٨٧٨ = ث	٠ ٨٧٨ = ث	١٦	١٣١
٠ ٠٩٨٤ و	في الصف السادس من الجدول ٠ ٨٩٨٤ و	٢١	١٦٤
٠ ٤٢٢٨ و	صف رابع من الجدول ٠ ٤١٢٨ و	١٦	١٦٧
٠ ١ و	صف واحد من الجدول ٠ ١٠١ و	٥	١٧٥
٠ ٠ ٠ و	صف واحد من الجدول ٠ ٠ ٠ و	١٣	١٨٤
البحار	البحار	١١	١٨٦
$1 = \left[ \left( \frac{ص}{ج} \right) - 1 \right] \frac{ع}{ح}$	$1 = \left[ \left( \frac{ص}{ج} \right) - 1 \right] \frac{ع}{ح}$	١	١٨٨
٠ ٧٤٤ و	٧٤٤ و	٧	١٩١
$\left[ \left( \frac{ض}{ج} \right) - 1 \right] \frac{ع}{ح}$	$\left[ \left( \frac{ض}{ج} \right) - 1 \right] \frac{ع}{ح}$	١٧	١٩٦

صواباً	خطا	سطور	حقیقہ
۲۷۵۰۰=	۷۲۵۰۰=	۱۱	۱۹۸
۱۰۰۰۰۱۴۴۵۷=	۱۰۰۰۰۴۴۵۷=	۱۲	۱۹۹
۱۰۰۰۰۲۸۹=	۱۰۰۰۰۸۰=	۱۴	۱۹۹
او	و	۱۲	۲۰۱



# علم تحرك السوائل

تأليف المهندس

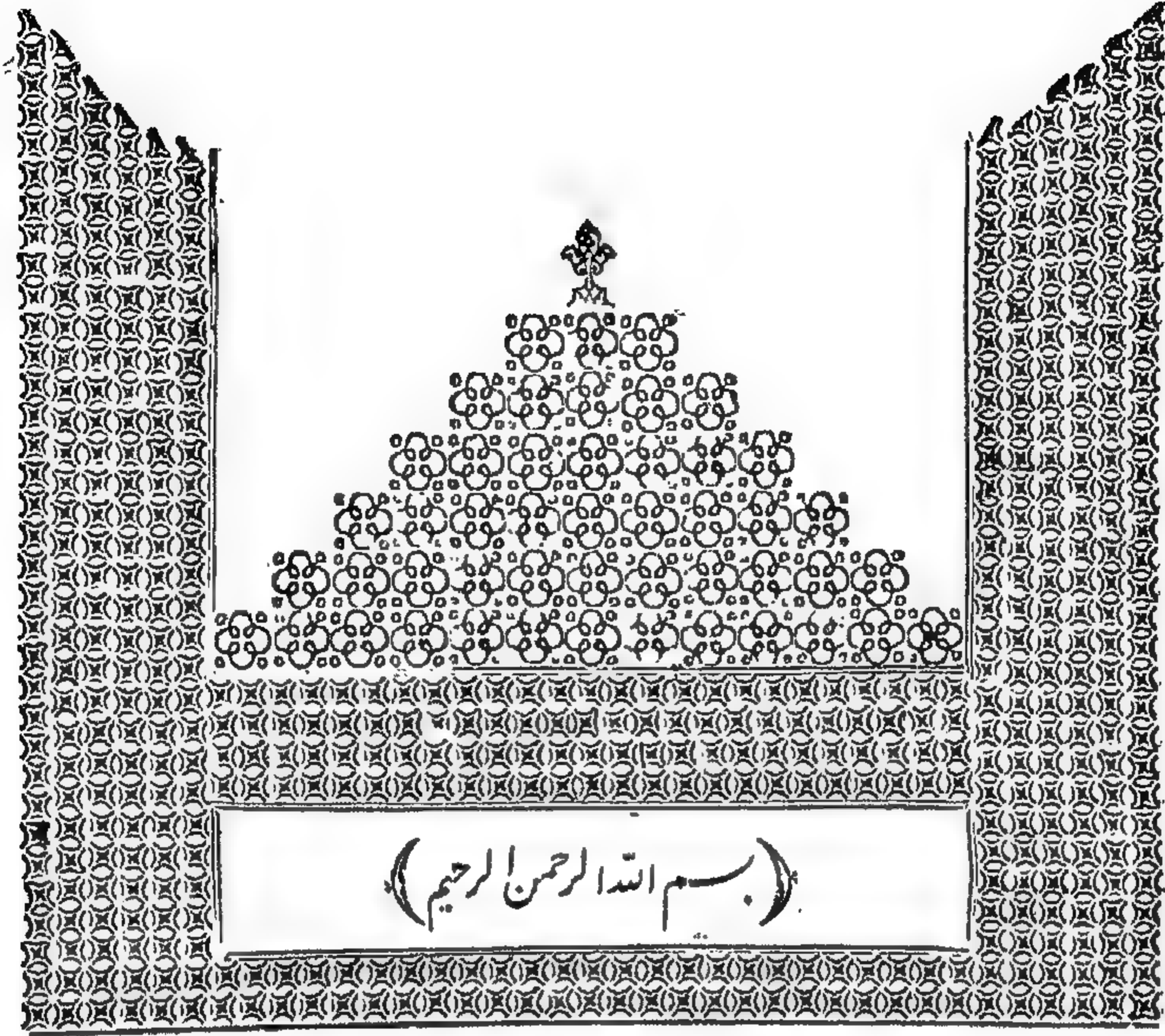
بيلانجه

مدرس علم الميكانيك والايديروليتك اى علم تحرك السوائل بمدرسة العلوم  
والعمليات بسياريس

ترجمة الفقير

احمد فايد

مدرس علم الميكانيك وعلم تحرك السوائل بمدرسة الهندسة بحانة الخديويه  
الكائنة ببولاق مصر الجميه



نحمد لك يا من وعدت من اطاعتك جنات تجري من تحتها الانهار  
ونشكر لك يا من اتجيت نوحا ومن معه في الفلك السيار ونصلي ونسلم  
على اشرف انبيائك ما تحركت المياه في الوديان وجرت في الجداول  
والخيلان وعلى آله واصحابه الذين بادروا بسرعة اجابته وقطعوا  
المسافات العظمى في محبته وبعد فيقول من انعم ربنا شاكر وحامد العبد  
لمولاه احمد فايد حيث كانت المعارف البشرية آخذة في التقدم على مر  
الازمان وكان يوجد بها استكشافات جديدة في كل آن حصل ارتقاء  
العلم الميكانيكي الى اعلى الدرجات ويبلغ المشتغلون به من المقاصد اقصى  
الغايات وكان ممن ربح في هذه العلوم اللطيفة والفوائد العظيمة  
المنيفة المهندس بيلا نجه فأنلف في ذلك تأليفه ادل على غزارة عقله  
وشهد بعلمه واهله وفضله وحيث كان فريده غصيره ووحيد دهره  
جناب الامير بيك الجليل الشأن ناظر مدرستنا الان يستنشق اخبار  
تلك اللطائف الجديدة في كل برهة وكان الاطلاع على مثل هذه التحائف



المفيد عنده من اعلی النزهة فحين عثر على تلك المؤلفات الغريبة ورأى ما فيها من  
الفوائد الجمة العجيبة بادر بجمعها الى هذه الديار المصرية واراد تدريسها  
بالهندسخانة الخديوية وحيث كنت انا معلم تلك العلوم فيها ولى الوقوف  
على مبانيها ومعانيها تبعت هذا المؤلف في تدريس وتقرير وجعلته  
امامى وسيمى ولما اطلعت على فرائده وتضلعت من فوائده لآخلى ان اترجم  
هذا الكتاب لتقر به عيون ذوى الالباب فقضيت اغراضى وامالى وترجت  
مجلداته الاربع على التوالي وكنت لى الترجمة بالآثر مثله طبعا على الحجر  
مقابل اعريته الشاب الناجح السيد افندى صالح ولما انتفع به كثير من  
التلامذة بل ومن الاساتذة الجهابذة اردت ان يكون بالمطبعة الكبرى  
طبعه ليعظم وقعه ويعم نفعه لكن حيث كان الجلد الاوّل يشتمل على  
التحليلات الهندسية والثانى على الميكانيكا الاصلية والثالث على  
حساب الآلات الميكانيكية وكان الرابع يشتمل على قوانين حركات السوائل  
وكان لعلماء الهندسة من اعظم الوسائل لاشتماله على القوانين اللازمة لاجراء  
الترع والانهار وعلى طرق رفع الماء الى العلو أو نزعه من الآبار وعلى تقسيم  
المياه فى المدن حسب القوانين المرضية بواسطة انابيب بقواعد حسنة  
هندسية ولاشتماله ايضا على ما تدعوا اليه الحاجات من تحريك الغازات  
وكيفية توزيعها فى الانابيب للاستصباح بها وهذا من اعظم الزينة والىها وعلى  
تحريك الآلات بالمياه وهل بعد ذلك يكون فى الفضل اشتباه كانت سائر هذه  
الاسباب باعثة على تقديم هذا الاخير بالمطبعة الكبرى حيث كان جدير بذلك  
واحرى ثم اذا نظرت له من جهة تعيين السرعة المتنوعة المتعلقة بسعة وانحدار  
الترع والانهار وتعيين كمية الماء الداخلة فى افواهاها والمنصرفه من مصابها ومن  
عيون القناطر وجدت له فضلا آخر لا يخطر بخاطر اذ كان جل التدابير  
اللازمة لاحياء هذا القطر واهمها ودواعى ما تدعوا اليه الهمم الخيرية واتمها  
ليس الامر بتطهير هذه الامور ارتباطا بالعظم بالعصب ولا غرابة فى ذلك ولا عجب  
وان ذلك لما عرض على سعادة البيك مدير المدارس المصرية ومفتش المهمات

الخريبه ونظر اليه وشرفه وعرفه حق المعرفة وافق العرض به اليه محل  
القبول ونلت من سيادته ما كان المأمول وحيث استحسن في التدريس  
اتباعه اصدر امره بطبعه في دار الطباعة وستلحق به انشاء الله في الطبع  
اوائله لتكمل بذلك فضائله حيث كان مبناه عليها ويرجع في امور اليها هذا  
وان هذا المجلد مع صغر حجمه بالنسبة لغيره من الكتب المؤلفة في هذا المعنى  
فانه ارفعها قدر واسنى لانه لم يتعرض الا لل مواد الثابتة بالبراهين القاطعة  
او العمليات الصادرة من فحول الرجال ذوى العقول الساطعة فهو اذقها  
واعلاها واتمها من القلوب وقعا واحلاها والله در القائل

واذا بدا لانسقلوا حجمه وحياتكم فيه الكثير الطيب

ومن سلكه في اسلوب اللغة العربية ونظمه الشيخ ابراهيم الدسوقي  
مصحح المدرسه جء لطيفاً نظرياً بعناية الملك المعيد المبدى واذ كان  
كل ذلك بهمة محبي العلوم في هذا العصر ومعيد تمدن مصر حضرة افتدينا  
الحاج محمد علي باشا الذي اصلى الاحوال معاد او معاشا وجب علينا رفع اكف  
الدعا والابتهال بمدة عمره حتى يفوز ما ابتد فيه من تحسين الاحوال بالتمام  
والكمال

## الفصل الاول

كلام كل في التحرك الدوامي لمائع متجانس المادة  
في الحالة التي يمكن فيها اهمال الاحتكاكات

١١ وصول التيار الى حالة التحرك الدوامي عبارة عن كون سرعته في كل نقطة هندسية من المسافة المار بها ملازمة لحالة واحدة في اوقات متعاقبة اعني ان تكون ثابتة مقدارا واتجاها في النقط المذكورة وان كان يمكن ان يكون لكل من خيوط هذا التيار تحرك متغير

٢١ ليكن  $AB$  في (شكل ١) جزءا من مائع في تحرك دوامي ثم نفرض أولا أن لعناصر المائع المار بالمستوى  $AB$  عمودية عليه سرعة واحدة  $C$

وثانيا أن لعناصر المائع سرعة واحدة  $C$  عمودية على المستوى  $AB$  وثالثا ان مستويي  $AB$  و  $AB'$  ليسا مستويين حيثما اتفق بل مختصين بان التحرك فيهما شقي وليس كذلك التحرك في اجزاء اخر من التيار محصورة بينهما ~~لكن~~ ينبغي اهمال الاحتكاك الناشئ من عدم تساوي سرع الخيوط السائلة

ورابعا ان تهمل ايضا الاحتكاكات الحادثة من المائع بالاجسام الصلبة او المائعة المحيطة بالتيار

اذا تقرر هذا فليكن  $B$  سعة قطع  $AB$  و  $B'$  ضفه الضغط الكلي الحادث للمائع الكائن امام المستوى  $AB$  من المائع الكائن خلف هذا المستوى فاذن تكون  $B'$  الضغط المتوسط على المتر المربع في المستوى

$AB$

وليفرض ان  $B$  و  $B'$  الكيتين المشابهتان للمقدارين بالنسبة

يك



للمستوى  $أَب$  وان  $ع$  زمن صغير جدًا تنتقل فيه عناصر المائع من  
المستوى  $أَب$  الى مستوا آخر  $ح د$  قريب منه جدًا وعناصر المائع التي  
في  $أَب$  تنتقل الى مستوا آخر  $ح د$  وان  $ث$  ثقل المائع الكائن بين  
 $أَب$  و  $ح د$  او بين  $أَب$  و  $ح د$  وان فاش  $ب$  البعد الكائن بين  
مستويي  $أَب$  و  $ح د$  و فاش  $ب$  البعد الكائن بين مستويي  $أَب$   
و  $ح د$  وان  $ط$  ثقل المتر المكعب من المائع و  $د$  بعدا وانحطاط مركز  
ثقل  $ح$  للمستوى  $أَب$  عن  $ح$  الذي هو مركز ثقل المستوى  $أَب$   
ولنطبق قضية تأثير الشغل على الجملة المركبة من سائر النقط المادية التي كانت  
محصورة في مبدأ زمن  $ع$  بين مستويي  $أَب$  و  $أَب$  وفي آخره بين  
مستويي  $ح د$  و  $ح د$  فيشاهد بالسهولة ان ازدياد حدة الجملة كلها  
في الزمن المذكور

$$\frac{1}{\tau} \cdot \frac{1}{\tau} \cdot \frac{1}{\tau} - \frac{1}{\tau} \cdot \frac{1}{\tau} \cdot \frac{1}{\tau}$$

لان حدة الاجزاء المحصورة بين مستويي  $ح د$  و  $أَب$  بسبب دوام التحرك  
واحدة في مبدأ زمن  $ع$  وفي آخره  
وفي زمن  $ع$  المذكور يكون شغل الضغط الكلي ضمة  $ب$  على المستوى  
المتحرك من  $أَب$  الى  $ح د$

$$\text{ضمة } ب \text{ فاش}$$

ويكون شغل الضغط المقاوم ضمة  $ب$  على المستوى المتحرك من  $أَب$   
الى  $ح د$

$$\text{— ضمة } ب \text{ فاش}$$

وبالجملة فيسهل بيان شغل الشاقل بان يفرض ان  $د$  ثقل نقطة مادية من نقط الجملة  
و  $ب$  و  $ب$  بعدا النقطة المذكورة في كل من الوقتين الابتدائي  
والانتهائي عن مستوا فيكون شغل الشاقل على النقطة المذكورة مئة  
ثمن  $ب$

د (س - س) او د س - د س فاذن يكون الشغل  
الكلى الحادث من التناقل على الجملة مدة زمن د المذكور  
ك د س - ك د س

اعني انه يساوي فرق مجموعي قيم نقط الجملة الماخوذين في الوقتين المتطرفين  
لزم د وحيث كان لهذين المجموعين جزء مشترك وهو المنسوب للعناصر  
المحصورة بين مستويي ح د و أ ب يؤول الفرق حينئذ الى د  
وهذا هو الشغل المطلوب وهو عين ما اذا كانت عناصر شقة أ ب ح د منقولة  
الى شقة أ ب ح د بدون ان تنتقل العناصر الاخر اذا تقرر هذا فانه ينتج من  
قضية تأثير الشغل مع اهمال شغل تأثير العناصر في بعضها وشغل احتكاك  
الاجسام المحيطة

$$\frac{1}{2} (E' - E) = ضه - فاشه - ضه + د$$

وبالتنبية على ان د فاشه = د فاشه = ط ينتج

$$\frac{E'}{2} - \frac{E}{2} = \frac{ضه}{ط} - \frac{ضه}{ط} + د$$

وفي هذا القانون تدل كميتا  $\frac{ضه}{ط}$  و  $\frac{ضه}{ط}$  على ارتفاع عمودين من المائع  
المذكور كان يحدث منهما لو توازنا بواسطة ثقليهما على المتر المربع  
من قاعدتيهما ضغطا ضه و ضه

٣ ويمكن وضع المعادلة المتقدمة بهذه الصورة

$$ضه - ضه = ط [ \left( \frac{E'}{2} - \frac{E}{2} \right) - د ]$$

اعني انه بتسليم الفروض المتقدمة في (بند ٢) تكون زيادة الضغط  
المتوسط على المتر المربع في المستوى أ ب عن الضغط على المستوى أ ب  
مساوية للضغط الذي يكون في حالة توازن المائع منسوباً الى ارتفاع د الذي

هو الخطاط مركز ثقل قطع  $أَب$  عن مركز ثقل المستوى  $أَب$  مطروحاً منه  
فرق الارتفاعين المتساويين لسرع العناصر المارة بقطعي  $أَب$  و  $أب$   
المذكورين

وهذه الدعوى المنسوبة إلى الشهير دانييل برنولي مبنية على إهمال الاحتكاكات  
وذلك غير جائز في حالة تيار ذي امتداد ما مشكوف أو في انبوبة

٤ ويمكن حذف إحدى السرعتين اللتين هما  $ع$  و  $ع$  من المعادلة  
المتقدمة بإدخال نسبة سعتي  $س$  و  $س$  فيها لأنه يحدث بسبب عدم قبول  
المائع للضغط

$$س - ع = ع - ع$$

ومن ذلك ينتج

$$ع = ع$$

وبإبدال  $ع$  بمقدارها هذا في معادلة (٢) يحدث

$$ع = \frac{1}{\frac{1}{2} - 1} \left( \frac{ص}{ط} - \frac{ص}{ط} + 1 \right) \approx 2$$

٥ ولأجل حساب سرعة  $ع$  بواسطة هذا القانون يلزم تعيين الضغطين  
المتوسطين على كل من مستويي  $أَب$  و  $أَب$  ولنذكر لذلك بعض قواعد  
فنتناول

### القاعدة الأولى

إذا تركب تيار من خيوط مائعة ذات تحرك مستقيم منتظم فإن الانضغاطات  
الحاصلة على عناصر هذه الخيوط من بعضها الناشئة عن التثاقل تجري على  
قوانين ما إذا كان المائع في حالة سكون وذلك بقطع النظر عن الاحتكاكات لأنه  
حيث كان تحرك كل خيط من الخيوط المذكورة مستقيماً منتظماً فالقوى الواقعة

عليها



عليه امتوازته فاذن تكون الانضغاطات الحادثة على الخيط المذكور والحادثة  
منه كالحادثة عليه او منه لو كان المائع ساكنا

فيئذ يقال أولا اذا كانت النقطتان م م و م متباعدتين عن بعضهما  
قليلا كي يكون الاحتكاك مهمل بينهما وكان س ه فرق ارتفاعهما عن مستو  
افقي و ض ه رمز الضغط الخاص بالمتر المربع في النقطة م و ض ه رمز  
الضغط الخاص بالمتر المربع في النقطة م يحدث

$$\text{ض ه} = \text{ض م} + \text{ط س}$$

وثانيا ان الضغط الكلي على قطع مستو حادث في التيار سعته س ومركز  
ثقله منحنى بارتفاع د عن نقطة م يكون  
 $\text{س} - (\text{ض م} + \text{ط د})$

### القاعدة الثانية

القوانين المذكورة تجري ايضا في مائع ذي تحرك مابطن جذا لان هذا البطن  
لا يحصل الا في حالة قريبة جدا من التوازن

### القاعدة الثالثة

اذا كان الخيوط في احد قطوع التيار سرع متوازية متساوية او غير متساوية  
وكانت هذه الخيوط ترسم بعد القطع المذكور المنحنيات المكافئة التي كانت  
تقطعها كل نقطة مادية بواسطة سرعتها وثقلها لو كانت متفردة في الفراغ كان  
الضغط في داخل المائع مساويا للضغط الخارج وذلك ان العناصر المادية من  
حيث انها تتحرك كان لم يقع عليها الا تأثير التناقل تتماحي الانضغاطات الجانبية  
على كل من الخيوط مثنى وتكون كلها مساوية للضغط الخارج

## الفصل الثاني

في تصرف المائع من المنافذ الصغيرة في الظروف الرقيقة

٦ ولنطبق قانون (بند ٤) على بعض حالات بسيطة فنقول  
 لتفرض آية ممتلئة على الدوام بسبب الوارد اليها بمائع متجانس المادة الى توازن  
 معين مما س للجو وبها منقذ رقيق بمعنى ان سمك الطرف اقل من نصف اصغر  
 ابعاده وسعة المنفذ المذكور صغيرة بحيث تكون سرعة المائع في الطرف  
 التي على بعد صغير من المنفذ مهملة بالنسبة لسرعة خروج المائع  
 وقد دلت التجربة في هذه الاحوال على ان دوام التحرك يحدث سريعا بعد فتح  
 المنفذ وان سمك عرق التصريف يتناقص مبدئيا من المنفذ الى بعد صغير ثم ينتظم  
 في مسافة صغيرة وهذا ما يسمى بانضمام العرق السائل

ويمكن ان يسلم في هذه الحالة ان الخيوط السائلة تتحرك في موضع الانضمام  
 موازية لبعضها ويرسم كل منها تقريرا لنفس المتحنى المكافئ الذي كان يرسمه لو كان  
 منفردا

وينتج من هذه الحوادث التجريبية ومن الفروض المسئلة  
 أولا اننا اذا تصورنا في داخل المائع احد الخيوط المتكون منها التيار كما في  
 (شكل ٣) فان سرعة ع للقطع اب من الخيط المذكور تكون مهملة  
 في معادلة (بند ٣)

وثانيا ان يقال حيث ان ضه الضغط الحاصل في اب في المستوى  
 ن الذي هو توازن المائع في الطرف يكون ضغط ضه في المستوى اب  
 مساويا ضه + ط د فاذا جعلنا د + د = سه فان قانون  
 (بند ٣) يؤول الى

$$\frac{ع}{د} = سه او ع = \sqrt{2 س ه}$$

٧ ولنذكر الان حالتين فنقول

الحالة الاولى ان يكون ارتفاع س لتقط القطع المتضم عن المستوى  
 ن ثابتا تقريبا لكون القطع المذكور اقويا اوراسيا لکن ارتفاعه  
 صغير

وفي هذه الحالة يمكن تسليم ان جميع خيوط العرق في محل الانضمام سرعة

واحدة معينة بالقانون

$$\overline{\gamma \delta \epsilon} = \epsilon$$

يجعل  $\phi$  المسمى بالضاغطة رمز الارتفاع التوازن الاعلى للمائع عن مركز ثقل القطع المنضم

وقد ثبت بالتجربة ان تطبيق القانون المذكور على المنافذ الصغيرة المصنوعة في الظروف الرقيقة موافق تقريبا وذلك انه اذا قيس المتصرف  $\delta$  في الثانية الواحدة والسعة  $\epsilon$  للقطع المنضم نتج أن السرعة المتوسطة  $\frac{\delta}{\epsilon}$  اقل من السرعة النظرية  $\overline{\gamma \delta \epsilon}$  بمقدار ٢ أو ٣ من مائة وذلك يدل على أن الفروض المتنوعة التي انبثت عليها النظرية المذكورة ليست تامة الضبط

٨ وكان يلزم لاجل حساب المتصرف في الثانية الواحدة من منفذ صغير رقيق تعيين السعة  $\epsilon$  للقطع المنضم متى علمت ابعاد المنفذ والضاغط غير أن النظريات ليست كافية في ذلك الى الآن وقد دلت التجربة على انه اذا ورد المائع نحو المنفذ من جميع الجهات على صورة خيوط متماثلة الوضع بالنسبة لمحوره الشكلي ورمز بحرف  $\beta$  الى سعة المنفذ وبحرف  $\mu$  الى مكرر كسري ثابت تقريبا ومختلف قليلا عن ٦٢ و ٠ فانه يحدث بالتصرف في الثانية الواحدة بالقانون

$$\overline{\gamma \delta \epsilon} \beta \mu = \epsilon$$

وقد اطلق اغلب المؤلفين على الحاصل  $\overline{\gamma \delta \epsilon} \beta \mu$  اسم المتصرف النظري للمنفذ زاعمين أن السرعة في نفس مستوى المنفذ هي  $\overline{\gamma \delta \epsilon}$  اذ لم يحصل للمائع احتكاك ولا اجل معرفة ان السرعة في مستوى المنفذ اقل من  $\overline{\gamma \delta \epsilon}$  يكفي التنبيه الى ان الضغط المتوسط على المتر المربع في هذا المستوى اكبر من ضغط الجولانه لما كان لخيوط عرق المتصرف تحرك منسوب للسرعة المكتسبة في داخل الطرف كان يحدث من الخارج الى الداخل ضغطا اضافيا أو قوة مبعدة



٩ الحالة الثانية ان يكون ارتفاع قطع العرق المنظم غير صغير بالكفاية بالنسبة الى الضاغط  $F$  حتى يكون للخيوط المارة بالقطع المذكور سرعة واحدة

وليفرض مع ذلك ان للخيوط المذكورة سرعة متوازية متغايرة قليلا بحيث يمكن اعتبار كل من هذه الخيوط راسما بالابتداء من القطع المنظم منحنيًا مكافيا كان يرسمه لو كان منفردا

وايضًا ان قطع العرق المنظم كما في ( شكل ٣ ) يكون رأسيا ومستطيلا وان عرضه الافقي  $L$  ثم يقسم ارتفاعه الى اجزاء صغيرة يرمز لاحدها  $m$  بالرمز  $F_m$  يجعل  $S_m$  رمز البعده تحت منستوى التوازن الاعلى لمائع الخوض فيكون المتصرف الحاصل من جزء من القطع المنظم المسقط على  $m$  مساويا لسعته  $L$  فاسم  $S_m$  بمضروبة في السرعة المنسوبة للارتفاع  $S_m$  اعني أن يكون تصرف الجزء المذكور

$$L \cdot \frac{S_m}{2} \cdot S_m \text{ فاسم } S_m \text{ فاذن يكون التصرف الكلي}$$

$$H = \sum_{m=1}^n \frac{S_m}{2} \cdot S_m \cdot L = \frac{L}{2} \sum_{m=1}^n (S_m^2 - S_{m-1}^2) \quad (3)$$

فلوفرض أن للخيوط المذكورة سرعا واحدة مشتركة بين اجزاء القطع الذي سعته  $S = L$  (  $S_m - S_{m-1}$  )  $L$  كان مقدار التصرف

$$H = \frac{L}{2} \sum_{m=1}^n (S_m + S_{m-1}) = \frac{L}{2} \sum_{m=1}^n (S_m - S_{m-1})$$

فنسبة  $\frac{H}{L}$  لهذين الحاصلين اقل من الواحد دائما غير أنها تغايره قليلا ولنبين ذلك في جدول فنقول

٠	٠١	٠٢	٠٣	٠٤	٠٥	٠٦
٠٩٤٣	٠٩٦٧	٠٩٧٩	٠٩٨٧	٠٩٩٣	٠٩٩٥	٠٩٩٧

إذا كانت مقادير  $\frac{س}{هـ}$  تكون مقادير  $\frac{هـ}{هـ}$

٧	٨	٩	١٠٠
٠٩٩٨	٠٩٩٩	١٠٠	١٠٠

إذا كانت مقادير  $\frac{س}{هـ}$  تكون مقادير  $\frac{هـ}{هـ}$

فمن هذا الجدول يشاهد أنه إذا لم يتجاوز  $\frac{س}{هـ}$  ثلث  $\frac{س}{هـ}$  يمكن تحصيل المتصرف باستعمال مقدار  $هـ$  الذي هو أبسط من المقدار الحادث من  $هـ$  لأن الخطأ الحاصل في ذلك أقل من واحد من مائة فإذا كان  $\frac{س}{هـ}$  أقل من ثلث  $\frac{س}{هـ}$  فإن مقدار  $هـ$  لا يكون أصبغ من مقدار  $هـ$  لأن الفروض التي انبنت عليها هذه النظرية ليست مسلبة في هذه الحالة

١٠ ولنعبر الآن فروض (بند ٦) مع اعتبار أن الضغط الحاصل على مستوى التوازن الذي هو  $ن$  غير الضغط الحاصل على عرق المتصرف فيشاهد أنه إذا أجرى ما تقدم في البند المذكور بمقتضى قواعد (بند ٥) فإن قانون السرعة يكون في هذه الحالة

$$ع = \left( ٢ + \left( \frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} - \frac{س}{هـ} \right) \right)$$

يجعل رمز  $\frac{س}{هـ}$  يدل على الضغط الحاصل على المتر المربع من المستوى  $ن$  **أمثلة**

المثال الأول إذا وقع على المستوى  $ن$  زيادة على ضغط الجو ضغط مقداره  $١$  كيلو غرام بواسطة مكبس يكون هو الفرق بين الثقل الحقيقي للمكبس المذكور والثقل اللازم لموازنة احتكاكه فيحدث بالرمز إلى سرعة المكبس بحرف  $ح$

$$\frac{س}{هـ} = \frac{س}{هـ} + \frac{ح}{٢}$$

وبناء على ذلك يكون  $\gamma = \sqrt{2} (s + \frac{v}{x})$   
 المثال الثاني إذا كان الضغط الإضافي على المستوى  $n$  مينا كما في  
 (شكل ٤) بالارتفاع  $d$  لعمود من مائع ماصاعد في ميزان الضغط فإنه بالمرح  
 الى ثقل المتر المكعب في هذا المائع الصاعد بالحرف  $\tau$  يحدث  

$$\frac{v}{x} = \tau d + \tau d$$

وبناء على ذلك يكون  $\gamma = \sqrt{2} (s + \frac{\tau d}{x})$   
 ١١ ولا جمل الثمرين ينبغي تطبيق ما تقدم على الآلة المسماة  
 بآلية ماريوت

١٢ المائع الخارج من المنفذ الرقيق لظرف في سائر الاحوال المتقدمة المقررة  
 في شأن تصرف الموائع كان محذوفاً في الهواء فإذا كان منصبا في حوض متسع  
 مملوء من المائع المذكور كما في (شكل ٥) فجعل  $d$  رمزا لارتفاع سطح هذا  
 الحوض فوق مركز ثقل المنفذ ينبغي أن يبدل في القوانين المتقدمة  $\tau$  بمجموع  
 $\tau + \tau d$  بجعل  $\tau$  رمزا للضغط الجوع على كل متر من سطح الحوض  
 الأسفل وحينئذ إذا كانت بقية الاحوال كالأحوال المقررة في (بند ٦) فإنه  
 بجعل  $s$  رمزا لارتفاع السقوط الذي هو  $f - d$  يحدث

$$\gamma = \sqrt{2} (s + \tau d)$$

ومنها ينتج  $h = m \gamma \sqrt{2} (s + \tau d)$

### الفصل الثالث

في تصرف المنفذ المنفردة المدخل

١٣ إذا استعمل عوضا عن المنفذ المصنوع في حائز رقيق موصل  
 أب أب كما في (شكل ٦) كان له عين صورة العرق المتصرف من الآنية الى  
 قطعه المنضم فيحصل بالاقبل في حالة ما إذا كان المنفذ صغيرا تصرف  
 $h = \gamma \sqrt{2} (f - d)$  بجعل  $r$  رمزا الى سعة المنفذ أب و  $f$   
 رمزا



ومن الى الضاغط الواقع على مركز ثقل المنفذ فاذا كان المنفذ مستديرا او مصنوعا في طرف رقيق فان نسبة ابعاد  $اب$  و  $أب$  و  $و$  و  $و$  من العرق الى بعضها كنسبة اعداد ١٠٠ و ٧٩ و ٣٩ على رأى المهندس مشلوقى وكاعداد ١٠ و ٨ و ٥ على رأى المهندس ايتلوين فقد وجد المهندس مشلوقى المذكور باستعمال الموصل المتقدم أن التصرف يكون

$٥ = ٩٨٤ ر - ٧٢ ح$  فلزوم مكرر ٩٨٤ ر ناشئ من تأثير الاحتكاك المهمل في القانون النظرى ومن تأثير الخيوط في بعضها لكونها لم ترسم على وجه مضبوط بالابتداء من القطع  $أب$  المنحنيات المكافئة التي كانت ترسمها لو كانت منفردة في الفراغ وبذلك كانت تؤثر في بعضها بعضا ضغطا يفوق عن ضغط الجو

١٤ ا وليفرض كما في (شكل ٧) أن منفذ ا رأسيا منفرج المدخل ومستطيلا متبوع بمجرى تصرف مكشوف من اعلاه ومكيف الوضع بحيث يكون للمائع المتصرف بالابتداء من القطع  $أب$  محور مستقيم منتظم (وسيشاهد فيما بعد انه يكفي لذلك ان يكون للمجرى ميل سهل التعيين) وأن السرعة مهمله في الحوض الذي يتصرف منه المائع فاذا اعتبر  $أب$  م م من جلة الخيوط التي يتركب منها التيار فموجب (بند ٦) بالنظر لقواعد (بند ٥) وجعل  $ض$  رمز الضغط الجوى الواقع على  $ا$  وعلى مستوى  $ن ن$  وجعل  $ك$  رمز البعد  $ام$  يكون الضغط على المتر المربع في القطع  $م م$  الصغير

$$ض = ض + ط د$$

واما الضغط الحاصل على المتر المربع في القطع  $أب$  فانه يكون

$$ض = ض + ط د$$

فاذن تؤول معادلة (بند ٣) باهمال  $ع$  الى

$$\frac{ع}{٢٢} = د + د - ك = لا$$

ومن هنا ينتج  $\overline{\gamma} = \overline{\gamma} \cdot \overline{\gamma} = \overline{\gamma}$   
 وهذا القانون لا يخالف قانون ( بند ٧ ) الا يكون لا ضاغط رأس  
 المنفذ لا ضاغط المركز

## الفصل الرابع في تصرف المصب

١٥ حيث لم يمكن الى الآن بيان نظرية مضبوطة في تصرف مائع من مصب  
 في جدار رقيق لزمنا أن نشرح المسئلة الاتية المضاهية لهذه المسئلة تقريبا  
 فنقول

ليكن  $nn$  كما في (شكل ٨) مستوى التوازن الثابت الوضع بسبب  
 الوارد لمائع حوض يتصرف منه السائل طافيا فوق سدا فقي او مصب بفرض  
 أن سمك السد يكون بحيث يصير السطح الاعلى للتيار افقيا تقريبا في امتداد  
 صغير والمطلوب معرفة مقدار تصرف السائل في كل متر من طول المصب عند  
 اهمال الاحتكاكات وبجعل ارتفاع  $sm$  لاستواء  $nn$  فوق سطح  
 المصب معلوما

ولذا نفرض ان لا هو الارتفاع المجهول لمستوى التوازن  $nn$  لماء الحوض  
 فوق السطح الافقي للتيار في النقطة  $a$  فيحدث بمقتضى ما تقرّر في (بند ١٤)  
 ان السرعة تكون في القطع  $ab$  مساوية  $\overline{\gamma} \cdot \overline{\gamma} = \overline{\gamma}$  ومن ذلك ينتج  
 ان تصرف  $h$  في كل متر من طول المصب

$$h = (sm - \overline{\gamma}) \cdot \overline{\gamma} \cdot \overline{\gamma}$$

وقد تكون هذه الكمية معدومة اذا فرض ان  $la = 0$  وان  $la =$   
 $sm$  ووجد بين هذين المقدارين مقدار كمية لا يتغير  $h$  نهاية كبرى  
 يظهر انما هي المتصرف الحقيقي ويستخرج من مقدار  $h$

$$\overline{\gamma} = \frac{fa}{\overline{\gamma}} = \left( \frac{1}{2} sm - \frac{1}{2} \overline{\gamma} \right) \cdot \overline{\gamma} \cdot \overline{\gamma}$$

فتكون

فتكون هذه المشتقة معدومة متى كان

$$س = لا \frac{1}{2} - 3 لا \frac{1}{2} = 0$$

$$او لا = \frac{1}{3} س$$

وبإبدال لا بمقدارها هذا في مقدار ه تحدث النهاية الكبرى للتصرف وهي

ه =  $\frac{2}{3} س = 0.385$  س  $0.385$  س  $0.385$  س  
وكان ينبغي استعمال هذا القانون في الفروض المتقدمة مع تصحيحه بالنسبة للاحتكاكات غير أن التجربة دلت على أنه قريب الضبط في الحالة التي يكون فيها المصب رقيقا وان بطل استعمال النظرى المتقدم في تلك الحالة وحينئذ يكون التصرف الحاصل في كل متر من طول المصب

$$ه = م س = 0.385 س$$

يجعل م رمزا الى مكرر يظهر أن مقداره متعلق بمقادير س بموجب تجارب المهندسين بونسليه و ليسبروس كما يستدل على ذلك من جدولها وهو

0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5
0.424	0.417	0.412	0.407	0.401	0.397	0.395	0.393	0.390	0.385

### الفصل الخامس

في تأثير التكيف التدريجي لقطع الاواني

١٦ ليتصور أن اب و أب و أب كافي (شكل ٩)  
عدة قطوع لآنية يمر المائع بها عموديا تقريرا و مراکز ثقلها ج و ج و ج  
فاذا كانت هذه القطوع غير متساوية فانه يحدث عدة احوال مختلفة نذكر  
الحالة الاولى منها في هذا الفصل فنقول

يك

يمكن ان يكون تكيف القطع تدريجيا بحيث يتصرف المائع المالى لانية على صورة خيوط سرعتها متساوية تقريبا بدون احتكاك بعضها ببعض احتكاكا معتبرا فاذا رمز في هذه الحالة بالرموز  $\epsilon$  و  $\epsilon'$  و  $\epsilon''$  الى سرعة المائع في القطوع  $AB$  و  $AB'$  و  $AB''$  وبالرموز  $\tau$  و  $\tau'$  و  $\tau''$  الى الضغط المتوسط على المتر المربع في كل من القطوع المذكورة وبالرموز  $s$  و  $s'$  و  $s''$  الى ابعاد مراكز ثقل القطوع المذكورة عن مستو ما افقى فانه يحدث بموجب (بند ٣)

$$\begin{aligned} \frac{\epsilon}{\tau} - \frac{\epsilon'}{\tau'} &= s - s' + \frac{\tau}{\tau'} - \frac{\tau'}{\tau} \\ \frac{\epsilon}{\tau} - \frac{\epsilon'}{\tau'} &= s - s' + \frac{\tau}{\tau'} - \frac{\tau'}{\tau} \\ \text{أو} \quad \frac{\epsilon}{\tau} + \frac{\tau}{\tau'} + s &= \frac{\epsilon'}{\tau'} + \frac{\tau'}{\tau} + s' \\ &= \frac{\epsilon''}{\tau''} + \frac{\tau''}{\tau} + s'' \end{aligned}$$

أعني أن الارتفاع المنسوب لسرعة في قطع زائد الارتفاع المنسوب للضغط في هذا القطع زائد ابعاد مراكز ثقل القطع المذكورة عن مستو ما افقى واحد يحدث مجموعا واحدا سواء كان القطع  $AB$  المتوسط ينضم او يتفرج

١٧ واذا رمز بالحرف  $r$  و  $r'$  و  $r''$  الى سعرات القطوع  $AB$  و  $AB'$  و  $AB''$  فانه يحدث من عدم قبول المائع للضغط ارتباطات  $r = r' = r''$  وحينئذ اذا علمت هذه السعرات وارتفاعات  $s$  و  $s'$  و  $s''$  يحدث بين السرع الثلاث والانضغاطات الثلاثة اربع معادلات بها سهل تعيين اربع من هذه الكميات بواسطة اثنتين الاخرين

١٨ ويمكن الاستدلال بالتجربة على هذه الحواصل النظرية بواسطة موازين ضغط تركيب على نقطة من نقط كل من القطوع المذكورة فاذا ارتفع المائع المماس للقطع  $AB$  الى مستوى التوازن  $N$  وارتفع المائع المماس للقطع  $AB'$  الى مستوى التوازن  $N'$  فانه يجعل  $\tau = \tau'$  و  $\tau'' = \tau$  على



المتر المربع الذي مقداره المتوسط ١ : ٣٣٤ كيلو غراما يحدث

$$\frac{ض}{ط} = ج ن + \frac{ض}{ط} \text{ و } \frac{ض}{ط} = ج ن + \frac{ض}{ط}$$

فحيث ان فرق ارتفاعي مستويي التوازن ن و ن

يساوى س + ج ن - (س + ج ن) يكون هذا الفرق

حينئذ مساويا س + ج ن - (س + ج ن) أو مساويا

$\frac{غ}{٣} - \frac{غ}{٣}$  يقتضى المعادلة الأخيرة من (بند ١٦) وبناء على ذلك ينتج

مع فرض اهمال الاحتكاكات ان فرق توازن رأسي عمودى ميزان

الضغط في قطعين مار بهما المائع على صورة خيوط متوازية يساوى فرق

الارتفاعين المنسوبين لسرعتي المائع في هذين القطعين ويقابل التوازن الاسفل

من هذين الرأسين اعظم السرعتين

١٩ وقد يكون الضغط الحاصل في قطع اقل من ضغط الجو وحينئذ يقاس

بواسطة عمود مائع مرفوع

فاذا كان المائع المحصور في الآنية ب ب كافي (شكل ١٠) ماء كالجارى

في الآنية المبين قطعها بدائره في الشكل فانه يحدث في الاحوال الاعتيادية

للجو ض = ١٠٣٣٤ - ط و اذا كان ط ثقل متر مكعب

من المائع المرفوع فان ض = ١٠٣٣٤ - ط

٢٠ وقد شاهد المهندس وتورى هذه الحوادث

وليتنبه الى ان قوانين (بند ١٦) قد يعرض لها الخطأ والاستثناء وانبيذ ذلك

فنقول

اولا قد يكون للاحتكاك تأثير عظيم في الانابيب الطويلة كما سيظهر ذلك

وايضا اذا كانت الآنية صغيرة الامتداد و كان بها انقباض فلاجل تأدية

التصرف المعين بالحساب يلزم ان يكون للمائع سرعة عظيمة في القطع المنقبض

المذكور وفي الاجزاء المتصلة به من جهتي الامام والخلف وحينئذ فلا يجوز

اهمال الاحتكاكات كما اهل في وضع قوانين (بند ٣) و (بند ١٧)

وثانيا اذا ابحرنا الحسابات المقررة في (بند ١٦) وعين ضغطا ض و ض

فربما وجد الضغط ضنه مقدار سالب وذلك من المستحيلات فاذا فرض مثلا  
ان القطع س . كما في (شكل ١١) عظيم جدا بالنسبة للقطعين الآخرين امكن  
جعل ع = ٠ بدون خطأ معتبرا واذا فرض ايضا ان كلا من ضغطى  
ضنه و ضنه مساو لضغط الجوّ وكان المائع ماء حدث

$$\frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} = \frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} = ٣٣ : ١٠$$

واذا فرض ان س = ٠ حدث من معادلات (بند ١٦ و بند ١٧)

$$\frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2} = \text{س} + \frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2} + \frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} + \text{س} = \text{س} + ٣٣ : ١٠ + \text{س}$$

أو  $\frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} = ٣٣ : ١٠ - (١ - \frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2}) \text{س} - \text{س}$   
وهي كمية يمكن ان تجعل سالبة بجعل س = ١ أو س = ٢ لانه يحدث من ذلك  
ان  $\frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} = ٣٣ : ٩ - \text{س} < ٠$  اذا كان س < ١١ : ٣

٢١ يحدث من الشرط  $\frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} < ٠$  الناشئ من طبيعة الموائع نتيجة شهيرة وهي  
انه اذا اضيفت هذه الغير متساوية طرفا بطرف الى المعادلة

$$\frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2} + \frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} + \text{س} = \frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2} + \frac{\text{ضنه}}{\text{ط}} + \text{س}$$

ينتج

$$\frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2} > \frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2} + (\text{س} - \text{س}) + \frac{\text{ضنه}}{\text{ط}}$$

وهذه النتيجة تدل على ان سرعة المائع الذي يمر بالمستوى أ ب لا تزيد عنها  
فيمالو كان الضغط معدوما في المستوى المذكور فرضا وذلك بديهي لا يحتاج  
لبرهان فاذا ابدلت ع بمقدارها ع آلت الغير متساوية المتقدمة الى

$$\frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2} > (١ - \frac{\text{ع}^2}{\text{ط}^2}) + (\text{س} - \text{س}) + \frac{\text{ضنه}}{\text{ط}}$$

ومنها ينتج نهاية السرعة ع لا تتجاوزها اياما كانت ابعاد الآنية واياما كانت  
الانضغاطات الحادثة في الجزء التالي للقطع أ ب المقابل لتلك السرعة  
وبضرب نهاية السرعة ع المذكورة في القطع س نحصل نهاية نظرية  
للتصرف ويعلم بسهولة انه اذا اريد تطبيق هذه النظرية على تصرف الماء من

الآنية

الآنية بفرض مقادير الكميات  $s$  و  $s'$  و  $\frac{v}{p}$  و  $\frac{v'}{p'}$  بكيفية  
القطع التالى للقطع  $\alpha$  بحيث تحصل النهاية الكبرى للتصرف وربما  
كان الحاصل التجريبي صغيرا بالكلية عن النهاية المذكورة آنفا ويتبين  
ذلك

أولا من تأثير احتكاكات المائع بالآنية وب نفسه وهو يعظم بعظم  
السرعة

وثانيا من أن الانضمام الأعظم الناتجة عنه النهاية الكبرى للسرعة لا يكون حاصلها  
في أصغر قطع للآنية بل فيما يتلو ذلك القطع

وثالثا من أن من المستحيل فرض انعدام الضغط بسبب ميل الهواء إلى  
التصرف من نفس الماء كلما تناقص الضغط خصوصا إذا كان الماء ساخنا فان  
بخاره يؤثر تأثيرا أعظم من تأثير الهواء

ويفهم من النظرية المتقدمة أسباب التجمعات الحادثة على السطح الأعلى للمائع  
عند ما يكون الانقباض على بعد صغير عن السطح المذكور

## الفصل السادس

### في تأثير الانفراج الدفنى للقطع

٢٢ قد تقدم الكلام على الحالة الأولى من تأثير تغير القطع في الفصل  
المازول استكمل في هذا الفصل على الحالة الثانية منه فنقول

يفرض في هذه الحالة أن المائع المار من القطع  $AB$  كما في (شكل ١٢) خيوطا  
متوازية ينصب دفعة في الآنية الاسطوانية من  $AB$  قطعها  $AB$  أكبر  
من القطع  $A'B'$  وفي هذه الحالة يكون الارتباط الحاصل بين سرعتين  $v$  و  $v'$   
وبين الضغطين المتوسطين  $p$  و  $p'$  غير المقرر في الحالة المتقدمة لأن هيجان  
المائع امام القطع  $AB$  يحدث شغلا سائبا لا يمكن إهماله

فاذا لوحظ مائع في مثل هذه الحالة شوهد على بعد معين من امام المنفذ  $AB$   
أن المائع يعود إلى الهدوء ويتصرف خيوطا متوازية سرعتها واحدة تقريبا

ويفرض أن  $أَب$  من الانبئة على البعد المذكور فتكون  $ع$  السرعة المشتركة للمائع في هذا القطع و  $ض$  الضغط المتوسط على المتر المربع فيه وقد يشاهد من التجربة أيضاً أن للمائع في الأجزاء  $أم$  و  $بَن$  من القطع  $م$  المحيط بالمنفذ  $أَب$  سرعة صغيرة جداً بحيث إذا جعل  $ض$  رمزاً للضغط المتوسط على المتر المربع في العرق السائل المتصرف من المنفذ  $أَب$  بالسرعة  $ع$  كان ارتباط انضغاطات المائع المحيط بالقطع الحلقى  $أم$  و  $بَن$  بالضغط  $ض$  كالارتباط الذي بينهما إذا كان الماء ساكناً فينشد إذا رمز بالحرف  $ض$  للضغط المتوسط في المستوى  $م$  وبالحرف  $د$  لارتفاع مركز النقل و لهذا المستوى عن مركز النقل  $ج$  للقطع  $أَب$  حدث

$$ض = ض + ط د$$

٢٣ إذا تقرّر هذا سهل إيجاد ارتباط السرعتين  $ع$  و  $ع$  بالضغطين  $ض$  و  $ض$  بواسطة قضية كميات التحرك السقوطية على محور و يفرض أن المحور المذكور عمودى على المستويين  $م$  و  $أَب$  فإذا رمز بالحرف  $م$  لجسمي الشفتين  $أَب$  و  $أَب$  الصغيرتين جداً المتصرفتين في الزمن  $ع$  أحدهما من القطع  $أَب$  والاخرى من القطع  $أَب$  فإن ازدياد كمية التحرك للجملة الشاغلة في مبدأ الزمن المذكور للمسافة الكائنة بين المستويين  $م$  و  $أَب$  يكون في آخر الزمن المذكور  $م ع - م ع$  بسبب دوام التحركات المختلفة الحاصلة بين المستويين المذكورين

والتوى الخارجية المؤثرة على الجملة هي أولاً الضغط العمودى على المستويين  $م$  و مقدار  $ض$  يجعل  $ض$  رمزاً الى سعة قطع الاسطوانة  $م$   $أَب$  ودفعه هي  $ض$  و ثانياً الضغط  $ض$  العمودى على المستوى  $أَب$  في جهة مضادة للتحرك ودفعه هي  $ض$

وإنما ثقل الجملة كلها ومقداره هو  $ط$  و  $ج$  وبالاطلاع



على الشكل يتبين أن دفع هذه القوة السقوطية على محور الاسطوانة هي

$$ط^2 (د + س - س) =$$

ورابعا الانضغاطات الحادثة على المائع من السطح الاسطوانى للآنية  
فن حيث أن احتكاك الآنية مهمل تكون هذه الانضغاطات عمودية  
ودفعها السقوطية على المحور معدومة فاذن يحدث

$$م^2 - م^2 = م^2 - م^2 + ط^2 (د + س - س) =$$

وحيث أن  $س^2 =$  حجم المائع المتصرف في الزمن  $س$  تبدل في المعادلة  
المتقدمة  $م$  بمقدارها  $ط^2 س^2$  و  $ض$  +  $ط$  بمقدارها  $ض$   
فتؤول الى

$$\frac{ع^2 - ع^2}{ط} = \frac{ض^2}{ط} - \frac{ض^2}{ط} + (س - س) \dots (١)$$

وهو الارتباط المطلوب ولاجل مقابلة هذا الارتباط بالارتباط الذى كان يحدث  
لو كان التحرك حاصل على صورة خيوط متوازية بين المستويين  $أ ب$  و  $أ ب$   
كما تقدم في الجملة الاولى من (بند ١٦) نضعها بهذه الصورة

$$\frac{ع^2}{ط} - \frac{ع^2}{ط} = \frac{ض^2}{ط} - \frac{ض^2}{ط} + (س - س) + \frac{ع^2 - ع^2}{ط} + \frac{ع^2}{ط} - \frac{ع^2}{ط}$$

وبالاختصار هكذا

$$\frac{ع^2}{ط} - \frac{ع^2}{ط} = \frac{ض^2}{ط} - \frac{ض^2}{ط} + (س - س) + \frac{ع^2 - ع^2}{ط} \dots (٢)$$

اعنى أن التغير الدفعى للقطع من  $أ ب$  الى  $أ ب$  يحدث للفرق

$$\frac{ع^2}{ط} - \frac{ع^2}{ط}$$

اتصالات تدريجيا وكان مركز النقل  $ج$  للقطع الثانى مرفوعا عن اصله

بمقدار الكمية  $\frac{ع^2 - ع^2}{ط}$  التى هي الارتفاع المنسوب لفرق سرعتى القطعين

المذكورين

وهذا ما يعبر عنه بوجه مختصر فيقال أن التغير الدفعى الحاصل من السرعة

$س$  الى السرعة  $ع$  الاصغر منها حدث فقد جزء من الضاغط مساو للارتفاع

المنسوب الى فرق هاتين سرعتين ويمكن وضع المعادلة (٢) بهذه الصورة

لسهولة حفظها

$$\frac{ع''}{ط} + \frac{ص''}{ط} + س'' = \frac{ع''}{ط} + \frac{ص''}{ط} + س'' = \frac{ع'' - ع'}{ط} + \frac{ص''}{ط} + س'' \quad (٣)$$

ويمكن ايضا تحصيل النتائج المتقدم بواسطة قضية تأثير الاشغال النظرية ولكن  
لأجل زيادة الايضاح نشرح الدعوى العملية فنقول

إذا سقط عرق مائع سقوطاً رأسياً بسرعة معينة رمزها ع في انية ساكنة  
محتوية قبل ذلك على كمية من جنس المائع الساقط دلت التجربة على انه اذا كان  
عمق الماء الموجود في الانية كافياً فإن الماء الوارد يسكن سريعاً ويكون سطحه  
الاعلى باقياً على اقصيته مدة صعوده ومن ذلك ينتج أن التأثيرات العنصرية  
للمائع والانية التي تتصل تحركاتها الارتجاجية بالمساند والهواء المحيط تحدث  
في عناصر المائع الساقط شغلاً سالباً مساوياً لحدة وصوله الى الانية  
فإذا رمز بالحرف م لجسم المائع الواصل للانية في الثانية الواحدة وسرعته  
عند وصوله للانية بالحرف ع كان المقدار المسمى للشغل السالب المذكور  
حينئذ في الثانية الواحدة مساوياً للكمية  $\frac{1}{ط} م ع$

فإذا كانت ع سرعة العرق وكان للانية على اتجاه تلك السرعة سرعة ع  
كان الشغل السالب للتأثيرات العنصرية المتعلق بالتحرك النسبي دون غيره من  
الشغل الحادث لو كانت الانية ساكنة وكانت ع — ع سرعة المائع  
الوارد فاذن يكون مقدار الشغل المذكور في الثانية الواحدة

$\frac{1}{ط} م (ع - ع')$  وفي هذه الكمية يكون م دالاً على مجسم الماء  
الذي يتقل في كل ثانية من السرعة ع الى السرعة ع'

٢٥ ويسهل بواسطة ما تقدم تطبيق قضية تأثير الشغل على تحرك الجملة  
المائعة المبنية في (بند ٢٣) فيقال

إذا رمز بالحرف ث الى ثقل المائع المتصرف في المدة ع فان ازدياد الحدة  
في المدة المذكورة يكون

$$\frac{1}{ط} م (ع' - ع'')$$

ويكون شغل الضغط — ص'' على المستوى أ ب المنقول في المدة  
ع الى د ح

ضَهْ - عَ ٤

ويكون شغل الضغط ضَهْ على المستوى أَب المنقول الى دَحْ

ضَهْ - عَ ٤

ويكون شغل التناقل ث (سَهْ - سَهْ)

ويكون شغل تأثير العناصر بموجب الدعوى العملية المتقدمة

$$\frac{1}{4} \times (ع - ع')$$

وبالجملة فلا يحدث شغل ما من الانضغاطات الحاصلة على السطحين الثابتين

الذين هما المنطقة المستوية م أن ب والسطح الاسطوانى

م أَب ن

فاذا سقينا ازدياد الحدة بالشغل ونبهنا على أنه يمكن ابدال الحجمين

عَ ٤ و ع' ٤ المتساويين بالكمية ط وقسمنا حدود المعادلة

على ث فانه يحدث القانون المقررى (بند ٢٣) وهو

$$\frac{ع}{٢} - \frac{ع'}{٢} = \frac{ضَهْ}{ط} - \frac{ضَهْ'}{ط} + (سَهْ - سَه') - \frac{(ع - ع')}{٢}$$

٢٦ قد فرض فى شكل (بند ٢٢) أن توازى الخيوط المارة بالقطع

أَب يتحصل بواسطة تجمع الانية فى الجزء التالى لهذا القطع من الخلف فاذا كان

أَب كما فى (شكل ١٣) قطع العرق خارج من الانية خلف هذا القطع

من منفذ رقيق منها لا تحتل النظرية المتقدمة ومعادلة (٢) ايضا بشرط

أن يكون أَب مأخوذا فى موقع الانضمام الكلى المسلم أن سعته مساوية

٢٢ ر ٠ من سعة المنفذ وتجرى تطبيق النظريات المتقدمة فنقول

٢٧ لتفرض كما فى (شكل ١٤) انية متسعة القطع من جزئها الاعلى

أ ب والتوازن الاعلى للمائع فيها ثابت بسبب الوارد ومائعها ينصب من جزئها

الاسفل فى آنية اخرى من منفذ رقيق ح د ويخرج من منفذ آخر رقيق منها

ايضا ح د

ولیکن - و - سعته المنفذ ح د و ح د و - سعة القطع

أ ب للجزء الاسطوانى من الانية السفلى المصق باسفل الانية العليا والمعلوم

الضغطان المتوسطان  $\bar{u}$  و  $\bar{v}$  على كل متر مربع من السعتين  $ab$  و  $cd$  وكذلك البعدان  $s_1$  و  $s_2$  لمركزي ثقل القطعين المذكورين عن مستوي افقي والمطلوب سرعة الخروج  $E$  في القطع  $cd$  و  $cd$  فالحل ذلك يجعل  $\bar{u}$  الضغط على المتر المربع في القطع المنضم  $ab$  و  $s_1$  بعد مركز القطع المذكور عن المستوى الافقي و  $E$  سرعة المائع في القطع المذكور و  $s_2$  بعد مركز ثقل القطع  $ab$  بحيث لم يوجد انقباض فوق المنفذ  $cd$  واممكن اهمال السرعة في المستوى  $ab$  يحدث

$$\frac{s_1}{\rho} + \frac{\bar{u}^2}{2} = \frac{s_2}{\rho} + \frac{\bar{v}^2}{2} + \frac{E^2}{2\rho}$$
 وباعتبار حصول الانقباض في الجزء المحصور بين  $ab$  و  $ab$  يحدث بمقتضى (بند ٢٣)

$$\frac{E^2}{2\rho} + \frac{\bar{v}^2}{2} + \frac{s_2}{\rho} = \frac{E^2}{2\rho} + \frac{\bar{u}^2}{2} + \frac{s_1}{\rho} + \frac{\rho(E - \bar{u})^2}{2\rho}$$
 وباعتبار ما هو حاصل بدون تغير دفعي من القطع  $ab$  الى القطع  $cd$  يحدث 
$$\frac{E^2}{2\rho} + \frac{\bar{v}^2}{2} + \frac{s_2}{\rho} = \frac{s_1}{\rho} + \frac{\bar{u}^2}{2} + \frac{E^2}{2\rho}$$
 بالتنبية على أن  $E$  و  $\bar{u}$  هما السرعة والضغط في القطع  $cd$  و  $ab$  وبضم هذه المعادلات الثلاثة الى بعضها يحدث

$$\frac{s_1}{\rho} + \frac{\bar{u}^2}{2} = \frac{s_2}{\rho} + \frac{\bar{v}^2}{2} + \frac{E^2}{2\rho} + \frac{\rho(E - \bar{u})^2}{2\rho} \quad (٤)$$
 وهذا مثل ما اذا لم يكن هناك شغل مقاوم منسوب لاهتزاز المائع وكان منفذ الخروج مرتفعاً بقدر الارتفاع  $\frac{\rho(E - \bar{u})^2}{2\rho}$  ويسهل اجراء هذا الناتج المتقدم وان كثير عدد الاواني المتصلة ببعضها بواسطة رقاع مثقوبة

٢٨. ولاجل تعيين السرعة  $E$  بواسطة معادلة (٤) يكفي التنبية على أن لكل من سرعتين  $E$  و  $\bar{u}$  ارتباط بسيط بالسرعة  $E$  فاذا  $E$  من الحرف  $m$  الى  $m$  ككرر الانضمام فانه يحدث للتصرف ثلاثة مقادير متكافئة في الثانية الواحدة  $m - E = \bar{u} - E = m - E$  ومنها ينتج



$\bar{e} - e = \bar{e} = e \left( \frac{\bar{m}}{m} - 1 \right)$  فاذن تصير معادلة (٤) هكذا

$$\frac{e}{\gamma^2} [1 + \left( \frac{\bar{m}}{m} - 1 \right)] = \frac{1}{\gamma} \frac{v}{c} + \frac{1}{\gamma} \frac{v}{c} - \frac{1}{\gamma} \frac{v}{c} + \frac{1}{\gamma} \frac{v}{c}$$

ومن ذلك يستنتج  $\bar{e}$  ويستخرج المتصرف من القانون

$$h = m - e$$

وينبغي التنبيه على أن هذه النظرية يعرض لها الخطأ المقر في (بند ٢٠) ولتمثل بمثال فنقول

٢٩ ليفر ض كافي (شكل ١٥) انية مملوءة على الدوام بسبب الوارد يتصرف مائعها من انبوبة قطرها ٢٦٣:٢٠ وبها ربع رقايع مثقوبة ثقباً واحداً قطره ٠٠٦٥:٢٠ ومتباعدة عن بعضها بقدر ٣١٤:٢٠ بحيث يكون الطول الكلي للانبوبة ثلاثة أمثال البعد المذكور والمطلوب المتصرف في الثانية الواحدة بالنسبة للضاغط الكلي  $\bar{m}$  المحسوب من التوازن الاعلى للمائع في الانية الى المنفذ الاسفل الذي يصب في الهواء

ولتكن  $e$  السرعة في محل الانضمام امام كل من المنافذ الاربعة المتساوية و  $\bar{e}$  سرعة المائع في الانبوبة في الامكنة التي يعود فيها توازي الخيوط فينبغي أن يجعل  $\bar{v} = v$  في القوانين المتقدمة ويوجد هنا ثلاثة انقباضات متساوية حاصلة في داخل الانبوبة ينشأ عن كل منها فقد في الضاغط قدره  $\left( \frac{e - \bar{e}}{\gamma^2} \right)$  فاذن يحدث

$$\bar{m} = \frac{e - \bar{e}}{\gamma^2} \gamma + \frac{e}{\gamma^2}$$

فاذا رجع بالحرف  $m$  الى مكرر الانضمام وبالحرف  $\bar{m}$  الى سعة الثقوب وبالحرف  $e$  الى سعة قطع الانبوبة فانه يحدث

$$m - e = \bar{m} - e$$

فاذن تصير المعادلة المتقدمة

$$\bar{m} = \left[ 1 + \left( \frac{\bar{m}}{m} - 1 \right) \right] \frac{e}{\gamma^2}$$

وبذلك يكون المتصرف في الثانية الواحدة

$$h = m - e = \frac{m}{\gamma^2} \left[ 1 + \left( \frac{\bar{m}}{m} - 1 \right) \right]$$

ويجعل م = ٠.٦٢ ر. وإبدال  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  بقيمة  $(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0.62^2}{0.65^2}}})$  أو  
٠.٦١٥ ر. يحدث

$$0.319 \text{ ر.} = \frac{0.510 \text{ ر.} \times \text{م}}{\sqrt{1 - \frac{0.62^2}{0.65^2}}} = 0.319 \text{ ر.}$$

وقد حدث عن التجربة التي عملها المهندس ايتلويين في الاحوال المتقدمة  
وذكرها المهندس دوبيسون ٣٣١ ر. عوضا عن العدد المتقدم  
وهو ٣١٩ ر. وذلك ناشئ من عدم ضبط مقدار المكثّر م ومن كون  
الرقاع ليست كافية البعد لاجل تحقيق فروض النظرية المتقدمة لان المهندس  
ايتلويين المذكور شاهد أن المتصرف يزيد مع تقارب الرقاع وعدم تغير الضاغط  
واسباب ذلك سهلة الادراك

## الفصل السابع

### في بيان تأثير الموصلات الاسطوانية

٣٠٠ اذا وصل المنفذ المصنوع في حائز مستوي بوصلة اسطوانية طولها يساوي  
اقل ما يكون قطر المنفذ مرة ونصف شوهد أن العرق السائل لا يتقبض انقباضا  
معتبرا بعد خروجه من الانبوبة المذكورة ومن هنا ينتج انه اذا فرض أن للخيوط  
المركب منها العرق المذكور سرعة واحدة وامكن اهمال الشغل المادى  
فانه ينتج بموجب (بند ٦) للحجم المتصرف في الثانية الواحدة من انبوبة  
قطعها - والضاغط على مركز ثقلها -

$$h = \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

مع انه يحدث من التجربة عند ما يكون طول الوصلة قدر القطر مرتين  
او ثلاثا

$$h = 0.82 \text{ ر.} - \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

وهذا المتصرف اعظم منه في الحالة التي لا يوجد فيها انبوبة لان مقدار المتصرف  
فيها حينئذ

٦٢ د - ٧ ٢ سمه تقريبا

٣١ ويمكن ايضاح ذلك الناتج التجريبي بالنظرية فاذا شرع المائع في التصرف من الموصلات وكان العرق غير مماس للموصل المذكور من مبداء الامر وجب أن يجلب جزءا من الهواء المحيط به وحينئذ ينقص ضغط الهواء الداخل في الموصل على العرق المنقبض وتزداد سرعة العرق المذكور الا أن ضغط الهواء الجوي يضعف بتأثيره جزء العرق التالي للانقباض فينتد يحصل للعرق اتفاح حتى يصل الى الموصل فيلتصق به ويستمر كذلك الى أن يخرج وذلك لا يمنع من حصول الانضمام على بعد من مبداء الموصل يساوى نصف القطر تقريبا انظر (بند ١٣)

ولتكن ع ك كما في (شكل ١٦) السرعة المشتركة للخيوط في المستوى أ ب الذي يحصل فيه اعظم انضمام للعرق و س سرعة قطع العرق في المستوى المذكور و ضه الضغط المتوسط على المتر المربع في المستوى المذكور و ع السرعة المفروض اشتراكها بين جميع خيوط العرق في المستوى أ ب الذي هو نهاية الموصل و س قطع العرق والموصل و ضه ضغط الجزء على المتر المربع فباجراء ما تقر في (بند ٢٨) والتنبيه على أن الضغط ضه مؤثر في المستوى الاعلى د د للمائع في الانية يحدث

$$(١) \quad \frac{ع^2}{٢٢} = س + \frac{ضه}{ط} - \frac{ضه}{ط} \dots\dots\dots$$

$$(٢) \quad \frac{ع^2}{٢٢} - \frac{ع^2}{٢٢} = \frac{ع^2}{٢٢} - \frac{ضه}{ط} - \frac{ضه}{ط} \dots\dots\dots \frac{ع^2}{٢٢} - \frac{ع^2}{٢٢}$$

$$(٣) \quad \dots\dots\dots \frac{ع^2}{٢٢} = س - \frac{ع^2}{٢٢} \dots\dots\dots \frac{ع^2}{٢٢} - \frac{ع^2}{٢٢}$$

وزيادة على ذلك ه = ع = ع فبجعل ٦٢ د = م

يحدث س = م

ومن هنا ينتج ع = ع

وحيث تصير المعادلة (٣) هكذا

$$(٤) \quad \frac{ع^2}{٢٢} = [١ + (١ - \frac{١}{م})] س \dots\dots\dots$$

وبإبدال م بمقدارها الذي هو ٠ ر ٦٢ في هذه المعادلة يحدث

$$١,٣٧٦ \frac{ع}{ج} = س$$

ومن هنا يحدث

$$ع = ٠ ر ٨٥ \sqrt{٢٠٣٨٨}$$

٣٢ ولم تقم التجربة الا ٠ ر ٨٢ عوضا عن ٠ ر ٨٥ ويدرك هذا الفرق الصغير من عدم تساوي السرعة بين خيوط العرق السائل حيث أن ع تدل على السرعة المتوسطة لخيوط العرق السائل وليست هي السرعة المشتركة بين هذه الخيوط

فإذا رمز كما في (بند ٢٥) بالحرف ث الى ثقل السائل المتصرف في المدة ع فإنه يحدث أيضا ث = ط ع ع وحيث أن هذه المائع عند مروره بالمستوى اب لا تكون  $\frac{1}{4} ع$  بل أعظم من ذلك وسنوضح هذا التنبيه فيما بعد عند الكلام على مبحث تصرف الماء في الخيلجان فعلى هذا ينبغي في المعادلات المتقدمة ابدال  $\frac{ع}{ج}$  بالكمية  $\frac{ع}{ج} د$  فحينئذ تصير المعادلة (٤) هكذا

$$\frac{ع}{ج} (د + ٠ ر ٣٧٦) = س ..... (٥)$$

وحيث كان يحدث من التجربة

$$ع = ٠ ر ٨٢ \sqrt{٢٠٣٨٨} \text{ أو } ١,٤٨٧ \frac{ع}{ج} = س$$

$$١,١١١ د = س$$

ويتبين من القانون  $س = ١,٤٨٧ \frac{ع}{ج}$  نتيجة ينبغي حفظها وهي أن الضاغط س في هذه الحالة يكون قد رالارتفاع المنسوب لسرعة الخروج مرة ونصف تقريبا

٣٣ ولأجل تعيين الضغط الداخل ضه تستعمل السرعة التجريبية  $ع = ٠ ر ٨٢ \sqrt{٢٠٣٨٨}$  التي منها  $ع = \frac{٠ ر ٨٢}{\sqrt{٢٠٣٨٨}}$  وبإبدال ع بمقدارها في المعادلة (١) يحدث

$$\frac{ضه}{طه} = [1 - (\frac{٠ ر ٨٢}{\sqrt{٢٠٣٨٨}})^2] س = ٠ ر ٧٥ س$$



وقد تحقق هذا الحاصل بتجربة شهيرة جدًا عملها المهندس وانتوري  
فوضع المهندس المذكور كما في (شكل ١٧) معوجة من زجاج وصل إحدى  
نهایتيها بموصل اسطوانى على بعد من المتفذي يساوى ٠.١٨ ر ٢٠  
وجعل قطر الموصل المذكور ٠.٤٠٦ ر ٢٠ وطوله ١.٢٢ ر ٢٠  
ونفس نياتها الأخرى في الآلية م م المثلثة بالماء الملون ولما كان مقدار  
الارتفاع س ه للماء في الخوض فوق محور الموصل ٠.٨٨ ر ٢٠ رأى  
أن الماء الملون يرتفع في المعوجة الزجاجية بواسطة الامتصاص إلى ارتفاع  
قدره ٠.٦٥ ر ٢٠

ومن البديهي أن هذه الحوادث لا تتأني في الفراغ متى أجريت العمليّة في الهواء  
لا يمكن أن يرتفع المائع في المعوجة قدر ارتفاع العمود المعادل لضغط الجو من هذا  
المائع

٣٤ وقد أسست نظريات وقوانين (بند ٣١ وبند ٣٢ وبند ٣٣) على  
أن الآلية التي ركب عليها الموصل كبيرة بالكفاية بحيث يرد المائع منها من  
جميع الجهات إلى الموصل المذكور على صورة خيوط متماثلة الوضع بالنسبة لمحوره  
الشكلي كما في الشكل (المكرر ١٧) وقد دلت التجارب التي أجراها المهندس  
جنييس والمهندس ماليه معي على أنه إذا كانت الآلية اسطوانية وكان قطرها  
٠.٢٠ ر ٢٠ وكان قطر الموصل ٠.٨١ ر ٢٠ كان الارتباط بين  
السرعة ع والضاغط س ه  $= ٣ \frac{٢٤}{٢٢}$  تقريباً أو

ع  $= ٥٨ ر ٠ \sqrt{٢٢ س ه}$  ولأجل موافقة هذا الناتج لما تقدّم  
في (بند ٣٢) يكفي جعل  $١١ ر ١ + (\frac{١}{٢} - ١) = ٣$  أو  
م  $= ٤٢ ر ٠$

وقد شوهد أنه كلما تناقص قطر الآلية مع بقاء قطر الموصل بحاله تناقص المكرر م  
وتزايدت نسبة الضاغط س ه للارتفاع  $\frac{٢٤}{٢٢}$   
٣٥ تطبيقات ما تقدّم أقول على السد بالكتل

فالسد بالكتل أن يوجد مجرى من الماء مارين رصيفين أو حائطين متوازيين



من العقب لتدخل فيه كمية الماء اللازمة للتوازن فإذا اريد اهباط العقب زيدت  
الكمية المذكورة وإذا اريد اصعاده أغلقت المنافذ و فتحت المنافذ  
الآخري و المصنوعة في الوجه الأمامي للعقب ومنها تصرف الماء في الجهة  
السفلى وقد يرتفع العقب بنفسه بعد توازنه بدون فتح المنافذ و المذكورة  
إذا ارتفع ن ن الذى هو السطح الأعلى لماء النهر

### الفصل الثامن في التحرك الدوامى للموائع في نايب التوصيل

٣٧ إذا كان الماء متحركاً في موصل طويل فإنه وإن كان اسطوانياً  
وخيوط السائل متوازياً فيه تقريباً بعد انضمام المدخل لا يمكن إهمال تأثير قوة  
المقاومة الحادثة من الانبوبة الاسطوانية المذكورة في المائع وهى قوة مشابهة  
للاحتكاك الحادث من تحرك جسم صلب مماس لآخر وقد دلت التجربة  
بالسهولة على وجود القوة المذكورة وذلك لأنه ينقص تصرف الانبوبة المركبة  
على حوض ارتفاع الماء فيه ثابت كلما عظم طولها وإن كان قطر الموصل  
المذكور وبعد استواء الحوض عن منفذه باقيين على حالة واحدة

٣٨ يمكن أن يتصور بالكيفية الآتية تأثير المقاومة الطولية للموصل  
المفروض استقامته تقريباً وامتلاؤه بمائع دوامى التحرك وأن يتصور أيضاً  
أن المائع منقسم إلى طبقات مستديرة رقيقة جداً ومتحدة في محور الاسطوانة  
فيمكن اعتبار تأثير مقاومة الموصل واقعاً على الطبقة الأولى المجاورة للموصل  
في جهة مضادة لجهة تحرك المائع وحيث أن تحرك الطبقة الثانية أسرع  
من تحرك الأولى يعترضها من الطبقة المتقدمة مقاومة مماثلة لمقاومة الموصل  
وناشئة عن عدم تمام السيولة وعن التحرك النسبى لكل من الطبقتين وكذلك  
يعترض الطبقة الثالثة من الثانية تأثير معطل واصغر من التأثير الحادث لها من  
الأولى وهكذا إلى المحيط المركزى الذى هو اعظم سرعة من غيره في التيار  
ومن هنا يشاهد أن كل طبقة متوسطة تتعطل بالطبقة المحيطة بها وتجتزأ بالمحاطة

بما لم يمكن الى الآن تقدير هذا الحادث بواسطة الحساب ولو امكن ذلك لكان هذا المبحث عظيم الشهرة في النظر دون العمل الذي يكفي فيه أن تتحرك المياه في موصل معين يكون معلوما بالكفاية متى علم تصرف هذا الموصل أو السرعة المتوسطة للمائع فيها

٣٩ وللتصرف الحادث في الثانية الواحدة لتيار دواحي هو الحجم الثابت المتصرف مدة كل ثانية من المائع ولنرمز له بالحرف  $h$  والسرعة المتوسطة في قطع عمودي على الخيوط السائلة هي خارج قسمة المتصرف على سعة القطع ولنرمز لها بالحرف  $v$  فيكون  $v = \frac{h}{s}$  يجعل  $s$  رمز السعة القطع وفي حالة ما يكون الموصل اسطوانيا مملوا بمائع متحرك كادواميات يكون الكميّتان  $s$  و  $v$  ثابتين في سائر امتداد هذا الموصل ولنطبق دعوى كميات التحرك المسقط على محور على الجزء المائع المحصور في وقت معين بين القطعين  $أب$  و  $أب'$  مع اعتبار محور النسقوط موازيا لاضلاع الاسطوانة وحيث كان لكل من الخيوط التي يتركب منها الجزء المذكور تحرك منتظم تكون كمية التحرك الكلية باقية مدة الزمن  $t$  على حالها والمجموع الجبري للقوى الخارجة الواقعة على الجملة مسقط على محور ما كمحور الاسطوانة مثلا يكون معدوما وهذه القوى هي

أولا الانضغاطات الواقعة خلف الجملة فاذا رمز بالحرف  $ض$  الى الضغط الخاص بالتر المربع في النهاية الخلفية لخيط قطعه العرضي صغير جدا وسعته  $د$  فان الضغط الكلي الحادث على القاعدة الخلفية للخيط المذكور يكون  $ض د$  وهذا الضغط غير متعلق بالسرعة الخاصة بالخيط ومجموع الانضغاطات الحادثة على القاعدة الخلفية للجملة يكون  $ك ض د$  أو  $ض د$  يجعل  $ض$  رمز للضغط الخاص بالتر المربع في القطع  $أب$

وثانيا الانضغاطات الواقعة امام الجملة ومجموعها الجبري المسقط على محور الاسطوانة يكون سالبا وقد يتبين ايضا بالرمز  $ب$   $ض$   $د$  يجعل  $ض$

رمزا



وَمِنْ اللَّضْغَطِ الْمُتَوَسِّطِ الْخَاصِّ بِالْمِثْرِ الْمَرْبِعِ فِي الْقَطْعِ أَب

وثالثا ثقل الجملة ومسقطه العمودي على محور الاسطوانة يكون  
 طر (م — م) يجعل م و م زمين لبعدي مركزي  
 ثقل القطعين ا ب و ا ب عن مستويا افق

ورابعا المقاومة الطولية للموصل وقد برهن المهندس بروني بعد اطلاعه على تجارب متنوعة منسوبة الى المهندسين شيرى ودوبوا وكلب وجيرار سيما باطلاعه على قاعدة المهندس كلب على انه يمكن تحقيق الحوادث المشاهدة بالتجارب في احوال عديدة متنوعة بأن تجعل المقاومة المذكورة مساوية لحاصل ضرب سطح تماس الموصل بالمائع في دالة السرعة المتوسطة مركبة من حدين احدهما مناسب للدرجة الاولى من السرعة المذكورة وثانيهما مناسب للدرجة الثانية منها فينتد اذا جعلت  $L$  رمزا للطول  $A$  الذي هو الجزء المعتمد من الموصل و  $C$  رمزا لمحيط القطع و  $V$  و  $V_0$  و  $V_1$  و  $V_2$  و  $V_3$  و  $V_4$  و  $V_5$  و  $V_6$  و  $V_7$  و  $V_8$  و  $V_9$  و  $V_{10}$  و  $V_{11}$  و  $V_{12}$  و  $V_{13}$  و  $V_{14}$  و  $V_{15}$  و  $V_{16}$  و  $V_{17}$  و  $V_{18}$  و  $V_{19}$  و  $V_{20}$  و  $V_{21}$  و  $V_{22}$  و  $V_{23}$  و  $V_{24}$  و  $V_{25}$  و  $V_{26}$  و  $V_{27}$  و  $V_{28}$  و  $V_{29}$  و  $V_{30}$  و  $V_{31}$  و  $V_{32}$  و  $V_{33}$  و  $V_{34}$  و  $V_{35}$  و  $V_{36}$  و  $V_{37}$  و  $V_{38}$  و  $V_{39}$  و  $V_{40}$  و  $V_{41}$  و  $V_{42}$  و  $V_{43}$  و  $V_{44}$  و  $V_{45}$  و  $V_{46}$  و  $V_{47}$  و  $V_{48}$  و  $V_{49}$  و  $V_{50}$  و  $V_{51}$  و  $V_{52}$  و  $V_{53}$  و  $V_{54}$  و  $V_{55}$  و  $V_{56}$  و  $V_{57}$  و  $V_{58}$  و  $V_{59}$  و  $V_{60}$  و  $V_{61}$  و  $V_{62}$  و  $V_{63}$  و  $V_{64}$  و  $V_{65}$  و  $V_{66}$  و  $V_{67}$  و  $V_{68}$  و  $V_{69}$  و  $V_{70}$  و  $V_{71}$  و  $V_{72}$  و  $V_{73}$  و  $V_{74}$  و  $V_{75}$  و  $V_{76}$  و  $V_{77}$  و  $V_{78}$  و  $V_{79}$  و  $V_{80}$  و  $V_{81}$  و  $V_{82}$  و  $V_{83}$  و  $V_{84}$  و  $V_{85}$  و  $V_{86}$  و  $V_{87}$  و  $V_{88}$  و  $V_{89}$  و  $V_{90}$  و  $V_{91}$  و  $V_{92}$  و  $V_{93}$  و  $V_{94}$  و  $V_{95}$  و  $V_{96}$  و  $V_{97}$  و  $V_{98}$  و  $V_{99}$  و  $V_{100}$  و  $V_{101}$  و  $V_{102}$  و  $V_{103}$  و  $V_{104}$  و  $V_{105}$  و  $V_{106}$  و  $V_{107}$  و  $V_{108}$  و  $V_{109}$  و  $V_{110}$  و  $V_{111}$  و  $V_{112}$  و  $V_{113}$  و  $V_{114}$  و  $V_{115}$  و  $V_{116}$  و  $V_{117}$  و  $V_{118}$  و  $V_{119}$  و  $V_{120}$  و  $V_{121}$  و  $V_{122}$  و  $V_{123}$  و  $V_{124}$  و  $V_{125}$  و  $V_{126}$  و  $V_{127}$  و  $V_{128}$  و  $V_{129}$  و  $V_{130}$  و  $V_{131}$  و  $V_{132}$  و  $V_{133}$  و  $V_{134}$  و  $V_{135}$  و  $V_{136}$  و  $V_{137}$  و  $V_{138}$  و  $V_{139}$  و  $V_{140}$  و  $V_{141}$  و  $V_{142}$  و  $V_{143}$  و  $V_{144}$  و  $V_{145}$  و  $V_{146}$  و  $V_{147}$  و  $V_{148}$  و  $V_{149}$  و  $V_{150}$  و  $V_{151}$  و  $V_{152}$  و  $V_{153}$  و  $V_{154}$  و  $V_{155}$  و  $V_{156}$  و  $V_{157}$  و  $V_{158}$  و  $V_{159}$  و  $V_{160}$  و  $V_{161}$  و  $V_{162}$  و  $V_{163}$  و  $V_{164}$  و  $V_{165}$  و  $V_{166}$  و  $V_{167}$  و  $V_{168}$  و  $V_{169}$  و  $V_{170}$  و  $V_{171}$  و  $V_{172}$  و  $V_{173}$  و  $V_{174}$  و  $V_{175}$  و  $V_{176}$  و  $V_{177}$  و  $V_{178}$  و  $V_{179}$  و  $V_{180}$  و  $V_{181}$  و  $V_{182}$  و  $V_{183}$  و  $V_{184}$  و  $V_{185}$  و  $V_{186}$  و  $V_{187}$  و  $V_{188}$  و  $V_{189}$  و  $V_{190}$  و  $V_{191}$  و  $V_{192}$  و  $V_{193}$  و  $V_{194}$  و  $V_{195}$  و  $V_{196}$  و  $V_{197}$  و  $V_{198}$  و  $V_{199}$  و  $V_{200}$  و  $V_{201}$  و  $V_{202}$  و  $V_{203}$  و  $V_{204}$  و  $V_{205}$  و  $V_{206}$  و  $V_{207}$  و  $V_{208}$  و  $V_{209}$  و  $V_{210}$  و  $V_{211}$  و  $V_{212}$  و  $V_{213}$  و  $V_{214}$  و  $V_{215}$  و  $V_{216}$  و  $V_{217}$  و  $V_{218}$  و  $V_{219}$  و  $V_{220}$  و  $V_{221}$  و  $V_{222}$  و  $V_{223}$  و  $V_{224}$  و  $V_{225}$  و  $V_{226}$  و  $V_{227}$  و  $V_{228}$  و  $V_{229}$  و  $V_{230}$  و  $V_{231}$  و  $V_{232}$  و  $V_{233}$  و  $V_{234}$  و  $V_{235}$  و  $V_{236}$  و  $V_{237}$  و  $V_{238}$  و  $V_{239}$  و  $V_{240}$  و  $V_{241}$  و  $V_{242}$  و  $V_{243}$  و  $V_{244}$  و  $V_{245}$  و  $V_{246}$  و  $V_{247}$  و  $V_{248}$  و  $V_{249}$  و  $V_{250}$  و  $V_{251}$  و  $V_{252}$  و  $V_{253}$  و  $V_{254}$  و  $V_{255}$  و  $V_{256}$  و  $V_{257}$  و  $V_{258}$  و  $V_{259}$  و  $V_{260}$  و  $V_{261}$  و  $V_{262}$  و  $V_{263}$  و  $V_{264}$  و  $V_{265}$  و  $V_{266}$  و  $V_{267}$  و  $V_{268}$  و  $V_{269}$  و  $V_{270}$  و  $V_{271}$  و  $V_{272}$  و  $V_{273}$  و  $V_{274}$  و  $V_{275}$  و  $V_{276}$  و  $V_{277}$  و  $V_{278}$  و  $V_{279}$  و  $V_{280}$  و  $V_{281}$  و  $V_{282}$  و  $V_{283}$  و  $V_{284}$  و  $V_{285}$  و  $V_{286}$  و  $V_{287}$  و  $V_{288}$  و  $V_{289}$  و  $V_{290}$  و  $V_{291}$  و  $V_{292}$  و  $V_{293}$  و  $V_{294}$  و  $V_{295}$  و  $V_{296}$  و  $V_{297}$  و  $V_{298}$  و  $V_{299}$  و  $V_{300}$  و  $V_{301}$  و  $V_{302}$  و  $V_{303}$  و  $V_{304}$  و  $V_{305}$  و  $V_{306}$  و  $V_{307}$  و  $V_{308}$  و  $V_{309}$  و  $V_{310}$  و  $V_{311}$  و  $V_{312}$  و  $V_{313}$  و  $V_{314}$  و  $V_{315}$  و  $V_{316}$  و  $V_{317}$  و  $V_{318}$  و  $V_{319}$  و  $V_{320}$  و  $V_{321}$  و  $V_{322}$  و  $V_{323}$  و  $V_{324}$  و  $V_{325}$  و  $V_{326}$  و  $V_{327}$  و  $V_{328}$  و  $V_{329}$  و  $V_{330}$  و  $V_{331}$  و  $V_{332}$  و  $V_{333}$  و  $V_{334}$  و  $V_{335}$  و  $V_{336}$  و  $V_{337}$  و  $V_{338}$  و  $V_{339}$  و  $V_{340}$  و  $V_{341}$  و  $V_{342}$  و  $V_{343}$  و  $V_{344}$  و  $V_{345}$  و  $V_{346}$  و  $V_{347}$  و  $V_{348}$  و  $V_{349}$  و  $V_{350}$  و  $V_{351}$  و  $V_{352}$  و  $V_{353}$  و  $V_{354}$  و  $V_{355}$  و  $V_{356}$  و  $V_{357}$  و  $V_{358}$  و  $V_{359}$  و  $V_{360}$  و  $V_{361}$  و  $V_{362}$  و  $V_{363}$  و  $V_{364}$  و  $V_{365}$  و  $V_{366}$  و  $V_{$

$$J = (\omega + \omega^*)$$

ومن ذلك ينتج هذا الحادث الشهير جدًا الذي يثبت التجربة دون غيرها وهو أن مقاومة موصل لتحرك مائع تكون متغيرة مع السرعة ليسكن لا تكون متعلقة بالضغط الحادث من المائع على الموصل وأما احتكاك الأجسام فهو متعلق بالضغط لا بالسرعة النسبية وهذه القواعد الناشئة عن التجربة وإن كانت غير قطعية يمكن استعمالها في الأحوال الاعتيادية إذا تقرر هذا فإنه يحدث من الدعوى المذكورة

ضنه - ضنه - ط - (سه - سه) - ل - (قوع + قوع) = ٥٠  
أوانه يحدث عند قسمة جميع الحدود على ط - وجعل

$$u = \frac{c}{v}, \quad v = \frac{c}{u}$$

$$[-] \cdot = \frac{ع}{(وِج + وِج')} - \frac{ض'_ط}{ط} + \frac{ض'_ط}{ط} - \frac{س'_ط}{ط} - \frac{س'_ط}{ط} - \frac{ل}{ط}$$

٤٠. أي موصل على أي طول كان ثابت القطع مملوء بمائع تحركه دواحي إذا اعتبر منه جزء رمز  $\alpha$  وليس به إلا انحناءات خفيفة أمكن قسمه من  $\alpha$  إلى  $\beta$  اجزاء مستقيمة تقريبا ينتج عن كل منها معادلة مشابهة للمعادلة (-) وجميع هذه المعادلات يحدث القانون

$$\frac{\text{ض}^{\alpha}}{\text{ط}^{\alpha}} - \frac{\text{ض}^{\beta}}{\text{ط}^{\beta}} + \text{س}^{\alpha} - \text{س}^{\beta} = \text{ل} \frac{\text{ع}}{\text{ع}} (\text{وع} + \text{وع}) = (1)$$

الذي يكون فيه  $\text{ض}^{\alpha}$  و  $\text{ض}^{\beta}$  رمزين للضغطين الحاصلين على المتر المربع في كل من النهايتين  $\alpha$  و  $\beta$  و  $\text{س}^{\alpha}$  و  $\text{س}^{\beta}$  رمزين لبعدي المحور في هاتين النهايتين عن مستواقي و  $\text{ل}$  رمز الطول امتداد الموصل بين النهايتين المذكورتين

٤١. الحدان  $\frac{\text{ض}^{\alpha}}{\text{ط}^{\alpha}}$  و  $\frac{\text{ض}^{\beta}}{\text{ط}^{\beta}}$  يدلان على الارتفاعين المنسوبين للضغطين  $\text{ض}^{\alpha}$  و  $\text{ض}^{\beta}$  فإذا تصورنا كما في (الشكل ٣٠) ميزاني ضغط ميزكبين على القطعين  $\alpha$  و  $\beta$  يرتفع المائع فيهما إلى الارتفاعين  $\text{ك}$  و  $\text{د}$  فوق مركزى ثقل القطعين المذكورين يحدث بالرمز إلى ضغط الجوف بالحرف  $\text{ض}^{\alpha}$

$$\frac{\text{ض}^{\alpha}}{\text{ط}^{\alpha}} = \frac{\text{ض}^{\beta}}{\text{ط}^{\beta}} + \text{ك} \quad \text{و} \quad \frac{\text{ض}^{\alpha}}{\text{ط}^{\alpha}} = \frac{\text{ض}^{\beta}}{\text{ط}^{\beta}} + \text{د}$$

ومن ذلك ينتج أن مجموع  $\frac{\text{ض}^{\alpha}}{\text{ط}^{\alpha}} - \frac{\text{ض}^{\beta}}{\text{ط}^{\beta}} + \text{س}^{\alpha} - \text{س}^{\beta} = (\text{د} + \text{س}^{\alpha}) -$

يساوى الارتفاع  $\text{ف}$  الذي هو بعد توازن رأسى العمودين القياسيين وتسمى هذه الكمية المحققة لمعادلة

$$\text{ف} = \text{ل} \frac{\text{ع}}{\text{ع}} (\text{وع} = \text{وع})$$

التي تكون معدومة لو كان احتكاك الموصل معدوما باسم مفقود الضاغط المنسوب إلى مقاومة الموصل في الطول  $\text{ل}$

٤٢. ويطلق على خارج قسمة  $\frac{\text{ف}}{\text{ل}}$  اسم مفقود الضاغط في كل متر من طول الموصل ولترمز له بالحرف  $\text{ف}$  فإذا رمز بالرمز  $\text{قط}$  إلى قطر الموصل فإنه يستخرج من ذلك

$$\frac{\text{ف}}{\text{قط}} = \frac{\text{ع}}{\text{قط}} \quad \text{ومن هنا ينتج} \quad \frac{\text{ف}}{\text{قط}} = \frac{\text{ع}}{\text{قط}}$$

فتصير

٢٠ قـصـير المعادلة المتقدمة كما وضعها المهندس بروني

$$\frac{1}{4} \text{ قط ف } = \text{ و } + \text{ و }^2$$

وهذه المعادلة هي المستعملة بكثرة في المسائل الخاصة بأنابيب توصيل المياه فينبغي  
حينئذ ان يتفطن الى أن الدالة  $\text{و} + \text{و}^2$  للسرعة المتوسطة مساوية  
لحاصل ضرب مفقود الضاغط في كل متر من طول الموصل مضروباً في ربع  
قطره

٤٣ وقد عين المهندس بروني بتجارب عديدة مقدارين للكميتين  $\text{و}$  و  $\text{و}^2$   
الشابقتين في الحالة التي يكون فيها المائع ماء ثم غير فيها المهندس ايتلويين  
تغيرا يسيرا

ويجعل المتر وحدة للطول وضع كل من المهندس المذكورين أنفاً  
للكميتين المذكورتين مقدارين

فوضع المهندس بروني لهما  $\text{و} = 0.000173$  و  $\text{و}^2 = 0.000348$

ووضع المهندس ايتلويين لهما  $\text{و} = 0.000222$  و  $\text{و}^2 = 0.000280$

٤٤ اذا فرض كما في (شكل ٢١) أن الانبوبة متحدة القطر من  
مبداها ومستعملة وصلة بين حوضين مستوي التوازن في كل منهما  
ثابت بسبب الوارد ومماس للجو وأن سرعة الماء مهملة في كل من الحوضين  
المذكورين فان معادلة (١) تأخذ صورة بسيطة بان يجعل  $\text{ض}^2$  رمزا  
لضغط الجو و  $\text{ض}^2$  رمزا للضغط الحاصل في داخل الموصل على بعد من مبداها  
يساوي ثلاثة امثال قطره تقريبا وبمعرفة معاني بقية الرموز من مراجعة الشكل  
يحدث

$$\text{و} = 0.82 \sqrt{2 \left( \frac{\text{ض}^2}{\text{ط}} - \frac{\text{ض}^2}{\text{ط}} + \text{د} \right)} \quad \text{أو} \quad \left( \frac{1}{0.82} \right)^2 \frac{\text{و}^2}{2} = \frac{\text{ض}^2}{\text{ط}} - \frac{\text{ض}^2}{\text{ط}} + \text{د}$$

$$\text{و} \quad \frac{\text{ض}^2}{\text{ط}} + \frac{\text{ض}^2}{\text{ط}} = \text{د}$$

ومن هنا ينتج

$$\frac{\text{و}^2}{2} - \frac{\text{ض}^2}{\text{ط}} = \text{د} - \text{د} = 0.49 \text{ د} \quad \frac{\text{و}^2}{2}$$

و  $\frac{\text{ض}}{\text{ط}} - \frac{\text{ض}}{\text{ط}} + \text{س} - \text{س} = \text{لا} - ١,٤٩ \frac{\text{ع}}{\text{د}}$   
 فإذا وضعنا هذا المقدار في المعادلة (١) وأبدلنا فيها  $\frac{\text{ع}}{\text{د}}$  بالكمية  $\frac{\text{ع}}{\text{قط}}$   
 كما في (بند ٣٢) فإنه يحدث

$\text{لا} = \frac{\text{ل}}{\text{قط}} (\text{و} + \text{و} + \text{و}) + ١,٤٩ \frac{\text{ع}}{\text{د}} \dots \dots (٢)$   
 يجعل لا رمزاً لبعده توازن الماء في الخوضين و ل رمزاً لطول  
 الموصل الكلى

وإذا كان الموصل يصب في الهواء لاتزال معادلة (٢) مستعملة وحينئذ  
 يكون لا رمزاً لارتفاع مستوى توازن الماء في الخوض الاعلى عن مركز  
 ثقل منفذ الخروج

وبواسطة هذه المعادلة تتعين احدى الكميات الاربعه التي هي  
 لا و ل و قط و و متى كانت الثلاثة الاخرى معلومة مثال ذلك  
 اذا كان ل = ١٠٠٠ و قط = ٢٠٠٥ و و = ٢١  
 يوجد أن  $\frac{\text{ل}}{\text{قط}} (\text{و} + \text{و} + \text{و}) = ٨٠٠٠ \times ٣٠٢٢ \times ٠,٠٠٠٣ =$   
 $= ٢٤,١٧ \frac{\text{ع}}{\text{د}}$  و  $\frac{\text{ع}}{\text{د}} = ٢٠,٥١$   
 ومن هنا ينتج لا = ٢٤,٢٥

وكان يمكن اهمال الحد  $١,٤٩ \frac{\text{ع}}{\text{د}}$  بدون أن يحدث من ذلك ضرر كما جرى  
 ذلك المهندس بروني

٤٥ ولأجل ادخال المتصرف هـ الحاصل في الثانية الواحدة الممين  
 بالامتار المكعبة في الحسابات توضع المعادلة

هـ =  $\frac{\text{ط}}{\text{قط}} \frac{\text{ع}}{\text{د}}$  أو هـ =  $٧٨,٥ \frac{\text{قط}}{\text{ع}} \dots \dots (٣)$   
 التي ينتج منها هي والمعادلة (٢) طريقة حساب اثنتين من الكميات  
 الخمس لا و ل و قط و و متى علمت ثلاثة منها

٤٦ وتختصر الحسابات بواسطة جدول فيه مقادير الدالة  $\text{و} + \text{و} + \text{و}$   
 مقابلة للمقادير المختلفة للسرعة و يحصل هذا الجدول الذي هو من  
 مجموع الجداول الخمسة المنسوبة للمهندس بروني بطريقة سهلة مضيطة

وذلك





## المعادلة (٥)

$$د = د + س - س - \frac{ل}{ل} لا$$

وهي كمية سالبة اذا حصل امتصاص في النقطة ١ المذكورة ويمكن وضع هذه المعادلة هكذا

$$د + س - د - س = \frac{ل}{ل} لا أو ف = \frac{ل}{ل} لا$$

بجعل ف رمزاً لارتفاع توازن الماء في الحوض الاعلى عن رأس عمود المائع المرتفع بالمقياس الموضوع في النقطة ١ وهذا القانون الاخير هو الذي يظهر كيفية تغير الضغط في امتداد الموصل

٤٩ وينبغي التنبيه الى أن المعادلة (٢) لا تستعمل الا اذا كان فراغ الموصل مملوءاً بالمائع من جميع الجهات ومن المعلوم أن ذلك غير ممكن اذا كان الموصل على صورة ممص تقطته العليا مرتفعة عن حوض صرف الماء بمقدار اكثر من ١٠.٣ م سيما اذا كان الاحتكاك معتبراً في ذلك

وان هذه المعادلة تبطل استعمالها بحسب النظر اذا كان الموصل نقط ينتج عنها بواسطة المعادلة (٤) ضغط سالب ضه كما تقدم في (بند ٢٠) وقد لاحظت ذلك بمشاهدة انبوبة توصيل مصنوعة بقرية من مملكة فرانسوا يقال لها كرلويل صورتها مبينة في (الشكل ٢٢)

فاذا جعلنا في المعادلة (٤)

$$\frac{ض}{ط} = ١٠.٣٣ م و د + س - س = ٠.٨٠$$

$$و ل = ١٣٣٠ و ل = ١٤٧٠ و لا = ١٣$$

$$فاننا نجد للنقطة العليا من الانبوبة  $\frac{ض}{ط} > ١٣,١١ - ١٣ \times \frac{١٣٣٠}{١٤٧٠}$$$

$$أو \frac{ض}{ط} > ٠.٦٣$$

وهذا الناتج المحال يدل على أن الماء لا يجري في جميع اجزاء الموصل مع امتلائه وانه يملأه من مبدئه اى من النقطة ١ الى النقطة م الموجودة بعد النقطة العليا بالقرب منها وانه يجري بدون امتلائه امتلاء كلياً من م الى النقطة م الموجودة اسفل بالقرب منها ويلاً ما بقى منه وهو من النقطة م الى

الى

إلى النقطة ب فإذا اسكن إهمال تأثير الهواء المتصرف من الماء تحصل  
 السرعة  $v$  بتطبيق المعادلة ( ١ ) على الجزء أ م من الموصل  
 ويجعل  $z = 0$  في المعادلة المذكورة

ومن المهم في العمل أن لا يكون الضغط على نقطة ما من الموصل اقل من ضغط الجو بكثرة لانه لو كان كذلك لتصرف الهواء الموجود في المائع ومنع انتظام التحرك وصار الماء مع ذلك غير جيد للشرب .

وتجربى جميع الاعتبارات والقوانين المتقدمة فى المصنات فى شاهد منها سبب  
تعطل تحرك الماء فيها متى كان الماء المذكور قريبا من درجة الغليان

٥٠ ولنذكر هنا آخر هذا الفصل بيان طرق تحقيق قاعدة المقاومة  
الحاصلة من الموصل للماء المتحرك فيه بالتجربة وتعيين اجود مقداري المكربين  
و و و و اما اخرنا ذلك لاجل عدم قطع شرح النظرية المقدمة

فترض معادلة (٢) من (بند ٤٤) على هذه الصورة

(7) .....  $و + و = \frac{\text{قطب}}{ع}$

التي فيها ف =  $\frac{11-1949}{1} \times \frac{26}{22}$

فاذا غيرنا في التجربة الكميات  $ق و ل و لا$  اما معا واما واحدة بعد اخرى ولا حظنا في كل تغيير التصرف في مدة معلومة فانه يستخرج من ذلك بالسهولة المقداران المقابلان للكميتين  $ع و ف$  وبناء عليه يعلم الطرف الاول من معادلة (٦) المقدمة

فإذا فرضنا في مستو محورين احداثيين وعينا بالنسبة لهذين المحورين  
عدة نقط احد احياتها مناسب لمقادير  $x$  والاخرى مناسبة  
لمقادير الطرف الاول من المعادلة (٦) وكانت القاعدة الميمنة بالمعادلة  
المذكورة موافقة للتجربة بالضبط كانت عدة النقط على مستقيم واحد  
بوضعه بالنسبة للمحورين يتعين المستكرران  $w$  و  $v$  وقد عمل هذه العملية  
الرسمية المهندس بروني غير انه اهل الحد  $9 \times 10^{-6}$  الذي هو في العادة  
صغير جداً بالنسبة للكمية لا وبتطبيقه هذه العملية على احدي وخسين

تجربة للمهندسين كـ و ب ليه وبوسو ودوبو اظهر أن القاعدة المذكورة  
محقة تقريبا وسهل عليه رسم مستقيم مبتعد قليلا عن النقط المعينة  
التي تكون تارة من فوقه وتارة من تحته ومن ذلك امكنه أن يستخرج  
المقدارين و و و الموافق تقريبا لمعظم الحوادث

٥١ ويمكن ايضا تعيين المكررين و و و بالحساب سيما بطريقة اصغر  
مجموع مربعات الاخطاء ليحققان حواصل عدة تجارب يظهر انها كلها  
مضبوطة

وليمكن قطرف روع و قطرف روع و قطرف روع الخ عدة مقادير  
للكميات قط و ف و و معا فاذا جعل للمكررين و و و مقدارين معينين  
فإن الكميات  $\frac{1}{2}$  قطف — ووع — ووع

و  $\frac{1}{2}$  قطف — ووع — ووع و  $\frac{1}{2}$  قطف — ووع — ووع الخ  
لا تنعدم بل تدل على اخطاء كلية موجبة او سالبة وتكون الكميات  
 $1 - \frac{1}{2} \frac{\text{ووع} + \text{ووع}^2}{\text{قطف}}$  و  $1 - \frac{1}{2} \frac{\text{ووع} + \text{ووع}^2}{\text{قطف}}$  الخ

اخطاء مناسبة ينبغي تصغيرها بقدر الامكان مع قطع النظر عن اشاراتها  
ولذا تعين و و و بحيث يكون مجموع مربعات الاخطاء المذكورة نهاية  
صغرى وليكن حينئذ

$$K = \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\text{ووع} + \text{ووع}^2}{\text{قطف}}\right)^2 + \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\text{ووع} + \text{ووع}^2}{\text{قطف}}\right)^2 + \dots + \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\text{ووع} + \text{ووع}^2}{\text{قطف}}\right)^2$$

ويؤخذ تفاضل هذا المجموع على التوالى بالنسبة الى كل من المتغيرين غير المتعلقين  
بعضهما و و و ويوضع و  $\frac{K}{\text{فاو}} = 0$  و  $\frac{K}{\text{فاو}} = 0$  فيحدث في هذه  
الحالة معادلتان بدرجة اولى بين المجهولين و و و

٥٢ قد تقدم في (بند ٣٣) أن المهندسين يروني وايتلوين وضعوا  
كلاهما للمكررين و و و مقادير مختلفة حواصلها تتوافق في السرعة



وع = ٠.٧ ر لكن متى كانت  $ع = ١$  اختلفت الحواصل بنسبة ١.٢ الى ١.٠ ويظهر من تجريبات جديدة عملها المهندس ماري أن مقدارى المهندس برونى فى حالة الانابيب الغليظة يدلان على سرعة قليلة بشئ يسير عن السرعة الحقيقية واما مقدار ايتلويين فانه يظهر انهما اقرب منهما للحقيقة

## الفصل التاسع

### فى تأثير تغيرات قطع انبوبة التوصيل

٥٣ ولنبحث عن تحرك المائع فى انبوبة توصيل متغيرة القطع بواسطة قاعدة تأثير الشغل لكن لما نريد الايضاح نطبق فى مبدأ الامر هذه القاعدة على حالة ما اذا كان القطع ثابت المقدار فى امتداد الانبوب وفى هذه الحالة يقال حيث كان ازدياد الحدة معدوما بسبب أن السرعة باقية على حالها للنقطة المتشابهة الوضع فى القطعين المتطرفين المعينين يكون مجموع اشغال القوى خارجية كانت أو عنصرية مساويا للصفر

وهذه القوى هى أولا الضغوط الخلفية وليكن  $ج$  مركز ثقل القطع الخلفى  $أ ب$  و  $ض$  الضغط المتوسط على كل متر فى هذا القطع و  $ع$  السرعة المتوسطة فى الموصل ولنعسم القطع المذکور الى مناطق متحدة المحور رقيقة جدا وليكن  $د$  سعة احدى هذه المناطق و  $ف$  احد اجزائها و  $ض$  الضغط على هذا الجزء و  $ع$  السرعة الحادثة فى نقطة ما من المنطقة و  $ز$  زمانا صغيرا جدا فى مدة هذا الزمن يكون شغل الضغوط على المنطقة المذكورة  $ك$   $ع$   $ض$   $ف$  أو  $ع$   $ك$   $ض$   $ف$  لكن مجموع  $ك$   $ض$   $ف$   $د$  يساوى حاصل  $د$  التى هى سعة المنطقة مضروبة فى الضغط المتوسط الواقع على هذه المنطقة وهذا الضغط المتوسط هو الذى يقع على النقطة  $ج$  التى هى مركز ثقل القطع بتمامه اعني  $ض$  (لانه يجوز اهمال تأثير الاحتكاك فى تغيير الضغوط على منطقة واحدة) ومن ذلك ينتج أن

الشغل المذكور يكون في كل منطقة مبينا بالكمية  $\epsilon \times \text{ض}^{\epsilon}$  لكن  $\epsilon$  يدل على حجم الماء المار بالمنطقة في الزمن  $\epsilon$  فاذن يكون شغل الضغط مدة الزمن  $\epsilon$  في قطع بقامه سعتيه -

$$\epsilon \times \text{ض}^{\epsilon} - \text{ض}^{\epsilon} \text{ أو } \text{ض}^{\epsilon} \frac{\epsilon}{\tau}$$

يجعل م رمزا للمجسم المقابل للحجم  $\epsilon$  -

وثانيا الضغوط الامامية فاذا جعل  $\text{ض}^{\epsilon}$  رمزا للضغط المتوسط الواقع على القطع الامامي  $\text{أب}$  تحصل ايضا الشغل الضغوط المذكورة وهو شغل سالب

$$- \text{ض}^{\epsilon} \frac{\epsilon}{\tau}$$

وثالثا التناقل الذي يكون شغله م  $\tau$  ( $\text{س}^{\epsilon} - \text{س}^{\epsilon}$ ) يجعل  $\text{س}^{\epsilon}$  و  $\text{س}^{\epsilon}$  رمزين لارتفاعي مركزى ثقل القطعين  $\text{أب}$  و  $\text{أب}$  عن مستوا افقى ثابت

ورابعا الاحتكاك وتأثير العناصر بعضها في بعض فيجعل  $\text{ش}^{\epsilon}$  رمزا للشغل الكلى لهذه القوى المتنوعة في الزمن  $\epsilon$  يحدث

$$\text{ض}^{\epsilon} \frac{\epsilon}{\tau} - \text{ض}^{\epsilon} \frac{\epsilon}{\tau} + \text{م} \tau (\text{س}^{\epsilon} - \text{س}^{\epsilon}) - \text{ش}^{\epsilon} = 0$$

ومنها ينتج  $\frac{\text{ض}^{\epsilon}}{\tau} - \frac{\text{ض}^{\epsilon}}{\tau} + (\text{س}^{\epsilon} - \text{س}^{\epsilon}) = \frac{\text{ش}^{\epsilon}}{\tau}$

لكن حيث كان بملاحظة (بند ٤٤)

$$\frac{\text{ض}^{\epsilon}}{\tau} - \frac{\text{ض}^{\epsilon}}{\tau} + (\text{س}^{\epsilon} - \text{س}^{\epsilon}) = \frac{\text{ش}^{\epsilon}}{\tau} (\text{و}^{\epsilon} + \text{و}^{\epsilon})$$

ينتج من ذلك

$$\text{ش}^{\epsilon} = \frac{\text{ش}^{\epsilon}}{\tau} (\text{و}^{\epsilon} + \text{و}^{\epsilon}) \text{ م} \tau$$

$$٥٤ \text{ فالكمية } \frac{\text{ش}^{\epsilon}}{\tau} (\text{و}^{\epsilon} + \text{و}^{\epsilon}) \text{ أو } \frac{\text{ش}^{\epsilon}}{\tau} (\text{و}^{\epsilon} + \text{و}^{\epsilon})$$

هي كما في (بند ٤١) مفقود الضاغط المنسوب لاحتكاك الانبوبة في الامتداد لـ  
فحينئذ يكون الشغل  $\text{ش}^{\epsilon}$  مساويا لحاصل ضرب مفقود الضاغط المذكور الذي  
هو عبارة عن ارتفاع في الثقل م  $\tau$  للماء المتصرف مدة الزمن الذي حصل فيه  
الشغل  $\text{ش}^{\epsilon}$  المذكور

وبإبدال

وبإبدال  $M$  بالكمية  $P$  سرعة في مقدار الشغل المتقدم يكون الشغل المذكور مينا هكذا

$$ش = ط \cdot ح (و + و) \cdot و$$

اعني أن الشغل المنسوب لمقاومة الانبوبة ولتأثير عناصر المائع في بعضها يكون مكافئ الشغل القوة  $ط \cdot ح (و + و)$  المساوية لمقاومة الانبوبة انظر (بند ٣٩) والواقعة على نقطتها في جهة مضادة للتحرل سرعة التيار المتوسطة  $و$  ٥٥ اذا تقرّر هذا فلنبحث عن الاحوال التي تكون فيها الانبوبة متغيرة القطر ولنعتبر في مبداء الامر الحالة التي يكون فيها القطر المذكور متغيرا تغيرا مستمرا بحيث يكون الماء المائي للانبوبة متحركا دائما على صورة خطوط متوازية تقريبا ولنطبق على الجملة  $أ ب$   $أ ب$  كما في (الشكل ٢٣) قاعدة تأثير الشغل مع اعتبار الاحتكاك فنقول

بعد زمن صغير جدا  $ر$  تكون العناصر التي كانت تشغل المستويين  $أ ب$  و  $أ ب$  موجودة على السطحين  $ح د$  و  $ح د$  ويكون ازدياد الحدة مساويا لحدّة الجزء  $أ ب د ح$  ناقصا حدّة الجزء  $أ ب ح د$  ولنر من الى مجسم هذين الجزئين المتساويين بالرمز  $م$

ثم الى السرعة المتوسطة للمائع في المستوى  $أ ب$  بالرمز  $و$  فحدّة المائع  $أ ب ح د$  لا تكون  $\frac{1}{2} م$   $و$  بالضبط لانها في الحقيقة اكبر من ذلك كما يتضح ذلك في البند الآتي

وبناء على ذلك يوضع لازدياد الحدة هذه الكمية

$$\frac{1}{2} م د (و - و)$$

فالرمز  $د$  في هذه الكمية يدل على عدد منهم اكبر من واحد يسير وحيث كان الازدياد المذكور مساويا لشغل القوى يحدث كما تقدم اقولا أن شغل الضغوط الخلفية يكون

$$ض \cdot ط$$

وثانيا أن شغل الضغوط الامامية يكون

$$- ض^{\frac{2}{2}} ط$$

وثالثا ان شغل الشاقل يكون

$$م (س - س^{\frac{2}{2}})$$

ولاجل تحصيل الشغل العنصرى يسلم في كل شقة من المائع كالشقة ا ب  
أن الاحتكاكات وتأثير العناصر في بعضها تكون دالة للسرعة المتوسطة  
للشقة المذكورة كما اذا كان للانبوبة في جميع طولها قطع واحد فاذن يلزم  
أن يكون شغل كل شقة سميها فاي وقطرها قط مينا بهذه الكمية

$$- \frac{\frac{4}{2} فاي}{قط} (وع + وع^{\frac{2}{2}}) م$$

حينئذ يكون شغل الاحتكاكات وتأثيرات العناصر في بعضها في سائر امتداد  
الانبوبة من ا ب الى ا ب

$$- م كا \frac{\frac{4}{2} قط}{(وع + وع^{\frac{2}{2}}) فاي}$$

فتكون معادلة تأثير الشغل بعد قسمة جميع حدودها على م

$$\frac{وع^{\frac{2}{2}}}{وع} - \frac{وع^{\frac{2}{2}}}{وع} = \frac{ض^{\frac{2}{2}}}{ط} - \frac{ض^{\frac{2}{2}}}{ط} + س - س^{\frac{2}{2}} - كا \frac{\frac{4}{2} قط}{(وع + وع^{\frac{2}{2}}) فاي}$$

وليست معادلة (٢) المتقدمة في (بند ٤٤) الاحالة خصوصية من هذه  
المعادلة تتحصل بجعل وع ثابتة

ولاجل اختصار هذه المعادلة يفرض أن قطر الانبوبة وهو قط دالة

معلومة من الطول ي بان يوضع قط = د (ي)

$$وحيث كان ايضا وع = \frac{قط^{\frac{2}{2}}}{وع} و وع = \frac{قط^{\frac{2}{2}}}{وع}$$

يكون تكامل معادلة (٦) حينئذ

$$كا \frac{\frac{4}{2} قط}{(وع^{\frac{2}{2}} + وع^{\frac{2}{2}}) فاي} \quad \text{أو} \quad ٤ وقط^{\frac{2}{2}} وع كا فاي + ٤ وقط^{\frac{2}{2}} وع كا فاي$$

فتؤول معادلة (٦) الى هذه الصورة

$$\frac{وع^{\frac{2}{2}}}{وع} - \frac{وع^{\frac{2}{2}}}{وع} + ٤ وقط^{\frac{2}{2}} كا فاي + ٤ وقط^{\frac{2}{2}} وع كا فاي$$

$$= \frac{ض^{\frac{2}{2}}}{ط} - \frac{ض^{\frac{2}{2}}}{ط} + س - س^{\frac{2}{2}} \dots \dots \dots [٧]$$

التي يدل طرفها الثانى على مفقود الضاغط من ابتداء الجزء من الانبوبة المعتبر

الى





ولاجل مزيد الضبط يفرض أن  $1 = 1$  فيحدث بعد اجراء الحساب

$$ف = 0.60, 40 = 0.01 + 0.29, 29$$

وبمقابلة هذا الحاصل بالمتقدم في (بند ٤٤) يشاهد أنه كان يحدث خطأ عظيم لو استبدلنا في الحسابات الانبوبة المفروضة بانبوبة مساوية لها في الطول والتصرف قطرها ٠.٥ اي قطرها المتوسط

وقد يكون الخطأ اقل من المتقدم اذا فرض في الانبوبة الفرضية التي قطرها الثابت ٠.٥ أن السرعة فيها مساوية لمتوسط السرعتين المتطرفتين الحاصلتين في الانبوبة الحقيقية لانه يحدث مما تقدم أن  $ع = \left(\frac{0}{3}\right)^2 = 0.778$  وكذلك  $ع = \left(\frac{3}{5}\right)^2 = 0.36$  فاذن تكون السرعة المتوسطة ٠.٥٦٩ وبإبدال  $ع$  بمقدارها في معادلة (١) يحدث

$$ف = 1000 \div 0.6 \times [0.000222 \times 0.569 + 0.00028 \times 0.778] \quad \text{أو} \quad ف = 0.000724 \times 8000 = 0.57928$$

٥٧ واما الاحوال المختلفة المتعلقة بتغيرات القطع الدفعية فانه يكفي فيها اختصار النتائج المتقدمة ومتى كبر القطع كبرا دفعيا وكان المائع واردا بدون انضمام في الانبوبة الامامية كما في (الشكل ٢٥) فان مفقود الضاغط الناشئ من التغير الدفعي المذكور يبين بواسطة سرعتي الامام والخلف كما تقدم في (بند ٢٣) هكذا

$$\frac{ع - ع''}{\gamma^2}$$

وينبغي أن لا يشتبه عليك فرق توازن العمودين القياسيين المركبين على انبوبة على بعد يسير من خلف التغير ومن امامه بمفقود الضاغط المنسوب للشغل المادي الحادث من التغير السريع للقطع وهذا الفرق هو

$$\frac{ع''}{\gamma^2} - \frac{ع}{\gamma^2} + \frac{ع - ع''}{\gamma^2} \quad \text{كما يتج ذلك من معادلة (بند ٢٣) وهي}$$

$$س'' + \frac{س'' - س}{\gamma^2} = \frac{ع''}{\gamma^2} - \frac{ع}{\gamma^2} + \frac{ع - ع''}{\gamma^2}$$

٥٨ ومتى صغر القطع صغرا دفعيا من قطر الى آخر اصغر منه ملازما لحالته

في امتداد مساو اقل ما هناك لهذا اقطر مرتين ونصفا كما في (شكل ٢٦)  
 لزم تطبيق نظرية الموصلات الأسطوانية على ذلك بحسب ما ذكر في (بند ٣١)  
 فيسلم لاجل السهولة فرض تساوى سرعة الخيوط فيتحصل أن مقدار مفقود  
 الضاغط الحادث من الشغل المادى يكون

$$\frac{(ع'' - ع')^2}{2}$$

اوانه يكون بموجب التجربة ٤٩ ر ٠  $\frac{ع''}{2}$

ويكون فرق توازن العمودين القياسيين الموضوع احدهما خلف التغير  
 والاخر امامه

$$٤٩ ر ١ \frac{ع''}{2} - \frac{ع'}{2}$$

٥٩ ومتى وجد في داخل الانبوبة منفذ رقيق كما في (شكل ٢٧) كان  
 مفقود الضاغط الحادث من الشغل المادى

$$\frac{(ع - ع')^2}{2} \text{ أو } \frac{ع''}{2} (م - ١)$$

بجعل ع رمز السرعة العرق المنضم و - رمز السعة المنفذ الرقيق  
 و م رمز اللمكتر ٦٢ ر ٠ و - رمز السعة قطع الانبوبة من امام  
 المنفذ ويكون فرق توازن العمودين القياسيين الموضوع احدهما خلف التغير  
 والاخر امامه

$$\frac{ع''}{2} - \frac{ع'}{2} + \frac{ع''}{2} (م - ١)$$

٦٠ ومتى كانت الانبوبة منتهية بمنفذ صغيرا كنه منفرج المدخل  
 كما في (شكل ٢٨) فان الضاغط المستعمل لازدياد السرعة يكون تقريبا

$$\left( \frac{ع'}{2} - \frac{ع''}{2} \right) \text{ أو } \frac{ع'}{2} [١ - (م)]$$

٦١ واذا كان المنفذ الصغير رقيقا كما في (الشكل ٢٩) فان الضاغط  
 المستعمل لازدياد السرعة يكون

$$\left( \frac{ع'}{2} - \frac{ع''}{2} \right) \text{ أو } \frac{ع'}{2} [١ - (م)] \text{ أو } \frac{ع''}{2} [١ - (م)]$$

٦٢ ولجل استكمال المباحث المتقدمة ينبغي أن نعتبر الانزوات اعنى  
 تغيرات اتجاه الانبوبة فنقول

لا يوجد الآن نظرية كافية لذلك الا انه يفهم بالسهولة انه يحدث من الانزواآت  
الشديدة مفقود عظيم من الضاغط كما دلت عليه التجربة وينبغي اجتناب هذه  
الانزواآت في العمل وقد دلت التجربة ايضا على أن الانزواآت المنحنية مع الاستدارة  
اعنى التي يكون نصف قطر انحنائها مساويا عشرة امثال قطر الانبوبة لا تحدث  
الاتأثيرا غير معتبر فيمكن اهماله

٦٣ ولنطبق ما تقدم على مثالين فنقول

اذا علمت انبوبة مركبة من اجزاء متوالية ذات اقطار مختلفة وبها اختناقات  
دفعية معلومة وعلم ايضا المتصرف الذي يلزم أن يكون متحركا في سائر امتداد  
هذه الانبوبة سهل حساب مقدار الضاغط الكلي اللازم لحصول المتصرف  
المذكور

فينتج لنا اولا من معرفة قطري قطع هو ومن المتصرف الثابت سرعة المائع في هذا  
القطع وكذلك مفقود الضاغط المنسوب للاحتكاك الحادث من جزء الانبوبة  
المتدويم به القطع المذكور فاذا كانت الانبوبة مخروطية على طول معين فانه يسهل  
حساب مفقود الضاغط المنسوب للاحتكاك في هذا الطول بواسطة القطرين  
المتطرفين والسرعة الموجودة في احدهما وبعد عمل هذا الحساب المتعلق  
بكل من اجزاء الانبوبة مخروطية كانت أو اسطوانية تجمع المفاقيد  
الناشئة عن تلك الاجزاء ويضم اليها جميع المفاقيد الحادثة من التغيرات الدفعية  
المختلفة بموجب الاحوال المقررة في (بند ٥٧) وما يليه من البنود ثم يضم  
اليها الارتفاع المنسوب لسرعة الخروج

فاذا علم الضاغط والانبوبة وبما بها من تغيرات القطع الدفعية وكان المطلوب  
معرفة المتصرف فان المسئلة تحل بمعادلة بدرجة ثانية مجهولها سرعة  
الخروج

وينبغي لتقارئ ان يترن على مثل المسائل المتقدمة فيشاهد في الانابيب  
العظيمة الامتداد التي للمياه فيها سرعة ضعيفة انه لا يحدث من اختناق داخلي  
او متطرف غير منقص بكثرة لقطع الموصل الا تأثير ضعيف في التصرف



## الفصل العاشر

في حساب ما يتعلق بتوزيع المياه بواسطة الانابيب

٦٤ يسهل اجراء الحسابات المنسوبة لتحرك المياه في انابيب التوصيل وان كان لها عدة فروع وعدة حياض صارفة بواسطة جداول المهندس ماري سيما اذا اهملت الضواغط المنسوبة لتغيرات السرعة فان ذلك لا ينشأ عنه في العادة ضرر وقد اضاف مؤلف الجداول المذكورة اليها وسائل يتوصل بها مع السهولة الى حل عدة مسائل وهي

اولا مسائل تحرك المياه في نبوية توصيل قطرها ثابت وليس لها منفذ ما في امتدادها فاذا علم المتصرف الثابت والضاغط الكلي وطول انبوبة التوصيل وكان المطلوب القطر فان هذا القطر ينتج من الجداول المتقدمة مع التقريب بمجرد عمل حساب الضاغط على كل متر من الطول

واذا علم المتصرف وطول انبوبة التوصيل وقطرها والارتفاع الذي يلزم أن تكون المياه مرتفعة اليه بالابتداء من اصل انبوبة التوصيل الى منفذ الخروج وكان المطلوب ارتفاع عمود الماء الدال على الضغط الواقع على المائع عند دخوله في انبوبة التوصيل

فالارتفاع المذكور يكون مساويا للضاغط الكلي المنسوب للاحتكاك زائدا الكمية التي يلزم ان يكون مرتفعا بقدرها

والمتصرفات المتنوعة للمياه مبينة في جداول المهندس ماري المذكورين بكيفيتين الاولى النسبة الى المتر المكعب وكسوره في كل ثانية والاخرى النسبة الى قيراط السبيل (وقيراط السبيل هو مقياس قديم من مقاييس فرانس كان مستعملا بها لتوزيع المياه) فيحدث من هذا القيراط في الدقيقة الواحدة ١٤ يتباين كل منها

٤٨ قيراطا مكعبا وذلك يقابل ١٦٧ ٢٢٢ ٠٠٠ م<sup>٣</sup> في الثانية الواحدة او

١٣٣ ٣٣ لترات في الدقيقة الواحدة أو ١٩٥ ١٩ ر<sup>٣</sup> في اليوم الواحد

وثانياً مسألة توزيع المياه بواسطة انبوبة توصيل قطر ثابت ومتفرع عنها في امثدادها  
مصرفات معينة

فاذا علم قطر وطول ومتصرف جزءاً من الانبوبة محصور بين مصرفين فانه  
يستخرج من ذلك الضاغط المفقود بالاحتكاك الحاصل في طول الجزء المذكور  
وباجراء ذلك على التوالي يحدث توازن العمود القياسي في كل نقطة من نقط  
المتصرفات بالنسبة لمستوى التوازن الاعلى لحوض الصرف

ثالثاً مسألة توزيع الماء من انبوبة توصيل طرفاً مركباً ان على حوضي صرف بحيث  
يرد اليها الماء من طرفيها

فاذا علمت انبوبة التوصيل والمتصرفات المتنوعة الحادثة منها فانه يسهل بالاختبار  
تعيين نقطة اقتراق مائي الحوضين في الانبوب وذلك ببقاء ارتفاع العمود القياسي  
على حالة واحدة في هذه النقطة سواء كان ذلك الارتفاع منسوباً لاجزاء  
انبوبة التوصيل او للاخر وبالتعيين المذكور تؤول المسئلة الى المسئلة المتقدمة

ورابعاً مسألة التوزيع بواسطة انبوب اجزائه مختلفة الاقطار

ففي هذه الحالة ينبغي اجراء ما تقدم في الحالة الثانية على كل قطر بالتوالي

خامساً مسألة المتصرف الحادث من انبوبة توصيل تأخذ ماء من انبوتين اخريين  
ففي الاحوال المتنوعة التي ينبغي حلها من هذه المسئلة يجرى الحل بحيث أن  
ارتفاع العمود القياسي يكون باقياً على حالة واحدة في الانابيب الثلاثة في ثلاث  
نقط قريبة من مجموعها

## الفصل الحادي عشر

في التحرك الدوامي للمياه في النخلان المكشوف

الحالة الاولى وهي حالة التحرك المنتظم

٦٥ التحرك المنتظم أبسط احوال التحرك الدوامي للماء في خليج مكشوف اي

فيه التيار مماس للجو ويحصل ذلك متى كان التيار المعتبر بين حدين معينين

مركباً

مركبا من خيوط متوازية ومستقيمة تقريبا ومنذفة الاجزاء بسرعة ثابتة  
في امتداد كل من هذه الخيوط وان كانت متغيرة من خيط الى آخر

٦٦ فاذا ضربت السرعة  $\delta$  لقطع خيط في سرعته  $\epsilon$  فالحاصل  $\delta\epsilon$   
يكون مساويا للمتصرف  $\delta$  للخيط المذكور في الثانية الواحدة  
ويحصل من المجموع  $\delta\epsilon$  الحادث من جميع خيوط التيار متصرفه  $\delta$   
في الثانية الواحدة ويحصل من المجموع  $\delta\epsilon$  الحادث من ساعات قطوع  
الخيوط القطع  $\delta$  الذي هو قطع التيار ويحصل كذلك من خارج قسمة  
 $\delta$  اعني المتصرف على القطع السرعة المتوسطة  $\epsilon$  وفي حالة التحرك المنتظم  
تكون الكيتان  $\delta$  و  $\epsilon$  ثابتتين

٦٧ وينشأ عن القطع العرضي لتيار خيوطه متوازية تقريبا مستقيم افقي  
 $\delta$  كما في (شكل ٣٠) يكون عليه المائع مماسا للجو وذلك هو نتيجة  
القاعدة المذكورة في (بند ٥)

٦٨ فاذا كان القطع المذكور نصفين متماثلين فان الخيط  $\delta$  الواقع  
في منتصف افقي  $\delta$  يكون له اعظم سرعة ولترمز لها بالرمز  $\epsilon$  ونطلق  
عليها اسم سرعة السطح فاذا كان القطع لا يختلف عن نصف دائرة الا بيسير فانه  
يكون للخيوط القريبة من الجري سرعة واحدة تقرىبا تعرف باسم سرعة القاع  
ولترمز لها بالرمز  $\epsilon$  وقد شرع المهندس دوبروا في عمل تجارب  
لتعيين الارتباطات الحاصلة بين السرعة  $\epsilon$  و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  و ما شاهدته من  
الحوادث مبين تقريبا بالمعادلات الاتية المنسوبة لاولها للمهندس بروني وهي

$$\epsilon = \frac{\epsilon(2.73 + \epsilon)}{3.15 + \epsilon} \quad \text{و} \quad \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{\epsilon}$$

ومنها ينتج  $\epsilon = \delta$  (فع)

فاذا جعل في المعادلة الاولى للسرعة  $\epsilon$  المقادير

$$2.0 \quad \text{و} \quad 1.0 \quad \text{و} \quad 0.5$$

نتج للكمية  $\epsilon$  المقادير ٠.٧٩ ٠.٨١ ٠.٨٣

ومن ذلك ينتج طريقة تقريبية لعيار تيار وذلك بان تعين سرعة التيار المذكور

بواسطة طاف على سطحه في منتصفه

٦٩ وليست المعادلات المتقدمة مطردة في جميع التيارات لعدم تعلقها بصورة الخليج اعني انها وان وافقت خليجا ذا قطع مستدير لا توافق خليجا ذا عرض عظيم وعمق ثابت ولذا كرايضاح ذلك فتقول من جملة الخواصل التجريبية المعلومة نتائج تجربة المهندس دوفونتين عندما كان يجري العملية في نهر الرين بواسطة طاحونة والتان وهي آلة مشابهة لطاحونة هواء صغيرة بها يمكن تعيين السرعة في نقطة ما من التيار وهو

عمق س	سرع تجريبية	سرع محسوبة
٠.٠	٢٢٦	٢٢٦
٢٠	٢١٨	٢١٩
٤٠	١٩٨	١٩٨
٦٠	١٦٧	١٦٣
٨٠	١٢٥	١١٤
١٠٠	١٠٧	١٠١
٢٠	٩٠٥	٩٧٤
٤٠	٨٨٠	٨٨٣
٥٠	٠٠٠٠٠	٨٣٢

هذا الجدول يدل على السرعة المعينة بالتجربة في اعماق متنوعة على راسي واحد في محل فيه مقدار العمق الكلي ١٠٥٠ م وحيث كانت الفروق الثانية لحدود الخانة الثانية ثابتة تقريبا يمكن بيان السرعة ع بدلالة درجة ثانية للعمق س و يوضح ذلك مقادير الخانة الثالثة المحسوبة بموجب معادلة

$$ع = ٢٢٦ - ١٧٥ س$$

فان المقادير المذكورة مساوية تقريبا لمقادير الخانة الثانية والارتباط البسيط المبين بالمعادلة المتقدمة يدل على الكيفية التي ينبغي استعمالها في الوصول

الى



الى البحث عن قانون تأثير الخيوط في بعضها ولنتمصر على التنبية على ان سرعة السطح وهي ٢٢٦ و ١٢ وسرعة القاع وهي ٨٣٢ و ٢٠ لا يحققان معادلات (بند ٦٨) التي لا يعتمد عليها اعتمادا تاما

٧٠ قد اجري المهندسان ديوا و بروني تطبيق التحرك المنتظم للمياه في الخلبان المكشوفة على القواعد المحققة بالتجربة في الانابيب الاسطوانية ففرض المهندس بروني حينئذ ان مقاومة الخليج للمائع بين حدين معينين مناسبة لسطح تماس التيار بمرقده وللدالة  $Q + Q'$  للسرعة المتوسطة فاذا كان هذا الفرض مسلما فان معادلة التحرك المنتظم يسهل تحصيلها باجراء ما تقدم في (بند ٣٩) وليمكن جزء من المائع المتحرك كما في (شكل ٣١) محصورا في وقت ما بين المستويين  $AB$  و  $AB'$  ثم انتقل بعد زمن صغير جدا بين السطحين  $BC$  و  $BC'$  وحيث كان تحرك كل جزء منتظما كان المجموع الجبري لمساقط القوى الخارجة على محور ما معدوما وحيث كان الضغطان الواقعان على قطعي الخلف والامام وهما  $AB$  و  $AB'$  متساويين ومتضادين بالبداهة لا يعتبر الا تأثير التناقل ومقاومة السطح المغمور

وبجعل  $P$  رمز الثقل كل متر من كعب من المائع و  $S$  رمز السرعة الثابتة لقطع التيار و  $L$  رمز الطول  $AA'$  و  $SS'$  رمز الفرق توازني النقطتين  $A$  و  $A'$  يوجد ان ثقل الجملة المادية وهي  $AB$  يكون  $P \cdot L$  وان هذه القوة الرأسية يسقطها على  $AA'$  تؤول الى  $P \cdot S$  واذا كان  $C$  رمز المحيط المغمور من قطع الخليج فان تأثير المرقد على المائع في الجهة المضادة للحرك يكون بموجب فرض المهندس بروني مبنيا بالكمية

$L(C + C')$  فحينئذ يتحصل اياما كان تأثير الخيوط في بعضها  $P \cdot S - L(C + C') = 0$  (١)

ولاجل الاختصار نجعل  $\frac{P}{L} = W$  و  $\frac{C}{L} = U$  ولنضع  $\frac{C'}{L} = V$  و  $W$  كمية تعرف باسم انحدار كل متر من الطول و  $U = V = \frac{C}{L}$  و  $U$  و  $V$

كمية تعرف باسم نصف القطر المتوسط

(وهذه الكمية تؤول الى ربع القطر متى كان قطع التيار نصف دائرة) فتؤول

$$\text{معادلة (١) حيث الى ثقى } \mathbf{r} = \mathbf{w} + \mathbf{w}' \quad (٢)$$

٧١ ولندكر في البند الآتي مسألة مماثلة لهذه المسألة الا أنها اقل

بساطة منها ونستعمل في ذلك قضية تأثير الشغل فيجب علينا حينئذ ان لاندخل

في الحسابات شغل مقاومة المرقد فقط بل ندخل فيها ايضا شغل تأثير عناصر

المائع في بعضها ونبحث عن تعيين مجموع هذين الشغلين المقاومين في حالة التحرك

المنتظم الذي ذكرناه آنفا ونجعل  $\mathbf{r}$  رمزا لمجموع الشغل المذكور

الحادث في الزمن  $\mathbf{t}$  وحيث كان ازدياد الحدة للجمله  $\mathbf{A} \mathbf{B}$  مدة

الزمن  $\mathbf{t}$  معدوما يكون المجموع الجبري لشغل سائر القوى معدوما ايضا وحيث

ان شغل الانضغاطات الخلفية مساو ومضاد لشغل الانضغاطات الامامية دون

العلامة وشغل التناقل مساو للثقل المشترك بين جزئي المائع وهما

$\mathbf{A} \mathbf{B} \mathbf{D} \mathbf{C}$  و  $\mathbf{A} \mathbf{B} \mathbf{D} \mathbf{C}$  مضروب في فرق توازن مركزي ثقل الجزءين المذكورين

اعني أن يكون  $\mathbf{P} \mathbf{S} = \mathbf{P} \mathbf{S}'$  مضروب في  $\mathbf{S}$  يلزم أن نضع  $\mathbf{P} \mathbf{S} = \mathbf{S} + \mathbf{S}'$

$+ \mathbf{S} = \mathbf{S}'$  وحيث كان يحدث من معادلة (٢) التي فيها

$$\mathbf{r} = \mathbf{S} \quad \text{و} \quad \mathbf{r} = \mathbf{S}'$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{S}' = \mathbf{L} (\mathbf{w} + \mathbf{w}')$$

ينتج

$$\mathbf{S} = \mathbf{L} (\mathbf{w} + \mathbf{w}') \quad \mathbf{S}' = \mathbf{L} (\mathbf{w} + \mathbf{w}')$$

اعني أن الشغل المطلوب يكون مكافئا لشغل قوة قدرها  $\mathbf{L} (\mathbf{w} + \mathbf{w}')$

ناشئة من سطح المرقد ولنقط وقوعها السرعة  $\mathbf{w}$  المتوسطة للتيار

٧٢ لو كانت قطوع التيار انصاف دوائر لاختلف المكسران  $\mathbf{w}$  و  $\mathbf{w}'$  قليلا

عن المقادير الموافقة لانايب التوصيل لكن لاجل توافق معادلة (٢)

مع تجارب عديدة حاصلة في شأن الخلجان الصناعية او الطبيعية رأى المهندس

بروني

بروئي انه يلزم جعل و = ٠.٠٠٠٠٤٤ و و = ٠.٠٠٠٣٠٩  
 ثم ان المهندس ايتلويين بعد عمل عدة تجارب وضع المقدارين  
 و = ٠.٠٠٠٠٢٤ و و = ٠.٠٠٠٣٦٦ اللذين يحدثان كالمقدمة  
 للكمية و + و مقدار واحد احين تكون و = ٠.٣٥  
 ويزيدان  $\frac{1}{2}$  تقريرا حين تكون و = ١

٧٣ تطبيق على ما تقدم

اذا كان المطلوب تصريف مترين مكعبين من الماء في الثانية الواحدة على عمق  
 منتظم قدره ٧٠ سم في خليج طوله ١٥٠٠ م وعرضه ٢٥ م بين خائطين رأسيين  
 فما يكون الانحدار الكلي سم للخليج المذكور وحده ان يقال

$$س = ٠.٨٠ \times ٥ = ٤ \text{ و } ح = ٦٠ \text{ و } نقي = \frac{٦٠}{٦} = ١٠$$

$$\text{و} = \frac{١}{٤} = ٠.٢٥ \text{ و } ح + \text{و} = ٠.٢٥ + ٠.٢٥ = ٠.٥$$

$$\text{و} = \frac{٠.٥}{٠.٢٥} = ٢ \text{ و } س = ١٥٠٠ \times ٢ = ٣٠٠٠ \text{ و } ٣٠٠٠ = ٢٥٨ \text{ م}$$

فاذا اريد ابقاء القطع على حاله وتضعيف التصريف فتضاعف السرعة فان  
 الانحدار س في كل متر يكون ٤٩٠ سم فيكون الانحدار الكلي  
 سم = ٧٣٣ م

وبهذا المثال يعلم ان من المهم عدم تصريف الماء بسرعة كبيرة متى اريد  
 توفير انحداره

٧٤ تطبيق ثاني على ما تقدم

ليفرض ان المرقد تيار من الماء قطعاً عرضياً ثابتاً من خط منحن أو منكسر  
 ل ك م منتهياً بمستقيمين مائلين م ن و ل ن كما في (شكل ٣٢) وان الانحدار  
 الطولي س لهذا المرقد يكون منتظماً في طول عظيم وليكن ه الذي هو متصرف  
 التيار معلوماً ومنتظم التحرك والمطلوب في القطع العرضي وضع خط التوازن  
 ه ه الذي يطلق على ارتفاعه فوق قاع الخليج اسم ارتفاع حالة الانتظام وليكن

$$\begin{array}{lcl} \text{الطول} & ل & م \\ \text{والمحيط} & ل & ك م \\ \text{العرض} & ل & ك م ل \end{array}$$

وليكن  $\phi$  و  $\psi$  ظلي الزاويتين الحادتين من الخطين  $ل ن$  و  $م ن$  مع المستقيم الرأسى و  $\delta$  العمق المجهول  $م ق$  للماء فوق  $ل م$  فيستنتج من ذلك ان سعة القطع

$$- = - + \delta [ \frac{1}{r} + \phi + \psi ]$$

والمحيط المغمور

$$ح = ح + \delta ( \sqrt{1 + \phi^2} + \sqrt{1 + \psi^2} )$$

وباعتبار المعادلات

$$نق = \frac{ح}{\delta} \text{ و } \frac{ح}{\delta} = هـ \text{ و } نق = ر = و + و + و$$

مع المعادلتين المتقدمتين يحدث خمس معادلات لاجل تعيين المجاهيل  
نق و  $\delta$  و  $ر$  و  $ح$  ولنمثل لذلك بنهر توجد به كميات المعاليم الاتية فنضع  
 $ل = ٧٠$  و  $ح = ٧٠$  و  $ر = ٧٠$  و  $\delta = ٦٠$  و  $\phi = \psi = ٢$  و  $ر = ١١٥$   
و  $هـ = ٤٠$  و يجعل  $\delta = ٠$  أو  $\delta = ١$  و  
أو  $\delta = ٢$  على التوالي يوجدان المقداران الاخير محقق تقريرا بالشروط  
حالة الانتظام لانه يحدث منه

$$ر = ٨٤٨ \text{ و } ح = ٩٦ \text{ و } نق = ٠٤٤ \text{ و } ر = ١٢٠ \text{ و } نق = ٠٠٠١٢٠$$

$$و = ٥٤ \text{ و } و + و + و = ٠٠٠١١٩٧$$

فتختصر الحسابات المشابهة للمثال المتقدم بواسطة جدول تحتوى خاتمة منه  
على المقادير المتوالية للسرعة المتوسطة  $و$  واخرى على المقادير المقابلة للدالة  
 $و + و$

٧٥ ويدل عدم ضبط مقادير المكررين  $و$  و  $و$  في التيار  
المكشوف ومقابلة مقاديرهما بمقادير المكررين المواقين للانابيب ولتيار  
مكشوف قطعه نصف دائرة على ان الفرض المذكور في مبدأ (بند ٧٠) غير  
مطرد لان من المعلوم ان مقاومة المرقد الناشئة عن متر مربع من سطحه  
تكون دالة بسيطة لسرعة الخيوط القريبة منه جدا اعنى للسرعة القاعية  
فيلزم حينئذ ان تكون هذه المقاومة دالة للسرعة المتوسطة دون غيرها لكن



لا تتعلق مقاومة المرقد الابهذه السرعة المتوسطة وحيث انه لا وجود لذلك  
فلا تستعمل معادلة

$$\text{نق س} = \text{وع} + \text{وع}^{\text{ر}}$$

الامع الاحتراس اى فى احوال مشابهة للاحوال المستعملة فى تعيين مقدارى  
المكررين و و و

ولنوضح ما تقدم بمثال يتبين منه خطأ استعمال هذه المعادلة متى كان بالقطع  
العرضى للمرقد زوايا بارزة جدا بالصورة التى فى (شكل ٣٣)

فنفرض ان انحدار المرقد على كل متر س = ٠.٠٠٠٥  
والمطلوب بواسطة معادلة نق س = وع + وع<sup>ر</sup> ايجاد السرعة  
المتوسطة ثم المتصرف فيحصل من الشكل ان السعة

$$س = ٠.٣٥ \times ١٥ + ١.٧٠ + ١.٦ + ١.٦٠ = ٢٤.٥٥$$

$$\text{وان المحيط ح} = ٣٠ + ٢.٥٠ + ١.٠ + ٢.٥٦ = ٤٥.٠٦$$

$$\text{ومن هنا يحدث نق} = \frac{٢٤.٥٥}{٤٥.٠٦} = ٠.٥٤٤٨$$

$$\text{وبناء عليه يكون نق س} = ٠.٠٠٠٢٧٢٤$$

وبوضع هذا المقدار فى معادلة (٢) يحدث

$$٢٧٢٤ = ٢٤ + ٣٦٦ + \text{وع}^{\text{ر}} \text{ ومنها ينتج } \text{وع} = ٠.٨٣١$$

$$\text{فيكون المتصرف ه} = س - \text{وع} = ٢٤.٥٥ - ٠.٨٣١ = ٢٣.٧١٩$$

فاذا فرض الان انقسام التيار الى قسمين منفصلين عن بعضهما بما جاز قريب  
رأسى ارتفاعه ١٠ ر ٢٠ موضوع على الضلع ب من الزوايا البارزة فانه  
لا يحدث من ذلك تأثير معتبر فى سرعة الماء وعلى كل حال فلا ينشأ عن الحاجز  
المذكور الا انقاص السرعة ونحسب حينئذ متصرف كل تيار جزئى على حدته  
فنتقول

يتحصل اولا من التيار المحصور بين ا و ب

$$س = ٢٥ ر ١٠ = ٣٠ ر ١٠ \text{ ونق} = ١.٧٤٤ ر ٠ \text{ ونق س} = ٠.٠٠٠٠٨٧٢$$

$$\text{وَج} = ٠,٤٥٦ \text{ و هـ} = ٢,٣٩$$

وثانيا من التيار المحصور بين ب و د

$$\text{ـ} = ١٩,٣٠ \text{ و ج} = ١٥,١٦ \text{ و ثق} = ١٢,٧٣ \text{ و ثق} = ٠,٠٠٠٦٣٦٥$$

$$\text{و ج} = ١٢,٨٧ \text{ و هـ} = ٢٤,٨٤$$

فأذن يكون المتصرف الكلى لمجموع التيارين الجزئين هـ + هـ

$$= ٢٣,٧٢ \text{ و اما مجرد استعمال المعادلة فانه لا يحدث منه الا } ٢٠,٤٠ \text{ م}^٣$$

أو ٧٥٠ م<sup>٣</sup> من الحاصل الثانى الاقرب للحقيقة بلا شك

وهذا امثال يدل على انه لا ينبغي استعمال المعادلة المذكورة الا فى احوال

مشابهة للتي عين بها المكرران و و و

٧٦ وقد يحدث فى بعض مراقب النهرات أو الخجان فى فصل الصيف

حشايش كثيرة تنقص القطع الحقيقى للتيار وتزيد المقاومات من جهة اخرى

وينتج من ذلك ارتفاع سطح تيار الماء وان لم يتزايد المتصرف بل ربما تنقص

المتصرف المذكور فى هذا الفصل عن غيره وليس هنالك معاليم لاجل تقويم تأثير

الحشايش الذى يمكن ان يكون نافعا فى تيارات المياه المعدة للسفن لان العمق

يزيدها وان كان ذلك يضر بخجان التصرف فى الطواحين من حيث انه ينقص

سقوط التارات المائية

## الفصل الثامن عشر

فى التحرك الدوامى للمياه فى الخجان المعكوس

٧٧ وليس التحريك المنتظم للماء ممكنا دائما فى خليج ولو كان وارده

ومتصرفه ثابتين

فلا يوجد انتظام تحريك الخيوط اذا تغير القطع العرضى للخليج او تغير الانحدار

او كان هذا الانحدار معدوما او كان خاصا فى جهة مضادة للتحريك (وحيث انه

يكون معروفا باسم الانحدار المعكوس

وقد يكون هذا الانتظام غير ممكن ايضا اذا وجد فى خليج قطعه وانحداره

ثابتين

ثابتين سدا ومانع ما يجبر الماء على ان يرتفع من الجهة الخلفية للمانع المذكور الى ارتفاع يكون مجاوزا لارتفاعه في حالة الانتظام انظر (بند ٧٢) فالتحرك في جميع الفروض المذكورة متغير لكن ربما كان دواميا

وانتسكلم على التحرك المذكور فنسلم ان التيار مر كـب من خيوط متوازية تقريبا وعلى ذلك لا تعتبر الحالة التي يكون للماء فيها دوامات واذن لا يحصل تغير دفعي في صورة القطع

٧٨ وليكن كما في (شكل ٣٤) في مثل هذا التيار جزء محصور في وقت ما بين مستويين أ ب و أ ب يمكن اعتبارهما عمودين على محور خيط داخلي وعلى المحاور الأخر تقريبا اي انهما رأسيان تقريبا لانه في الاحوال الاعتيادية يكون انحدار السطح أ أ بالتسبة للافق في الغالب اقل من ١٠٠٠٠ ر ٢٠ ويندرتجاوزه ٢٠ ر ٢ في كل متر من الطول اذا تقرر هذا فلتطبق على الجملة المادية المذكورة قضية تأثير شغل القوى

فبعد زمن يسير ٤ تنحصر هذه الجملة بين السطحين ح د و ح د فيكون ازدياد الحدة مساويا لحدة المائع الذي ينحصر في آخر الزمن ٤ بين أ ب و ح د ناقصة الحدة التي كانت في مبداء هذا الزمن للمائع المحصور بين أ ب و ح د وليكن ل ل خيطا وضعه ك ك بعد الزمن ٤ و د و ع قطعه وسرعته في النقطة ل و د و ع الكيتين المشابهتين للأوليين في النقطة ل فيكون د ع ٤ حجم الجزء ل ك ومجمعه ط ٤ د ع وحدته ط ٤ د ع فيثبت تكون حدة المائع المحصور بين أ ب و ح د

$$\frac{\text{ط}}{\text{د}} \text{ ك } \frac{\text{د}}{\text{د}} \text{ ع}$$

فاذا كان للخيوط المارة بالمستوى أ ب سرعة واحدة ع فان المجموع ك د ع يكون د ع يجعل د رمز السعة قطع التيار في المستوى أ ب فسرع الخيوط في الحقيقة ككلها متغايرة وبناء عليه اذا ابدلنا ع بالسرعة د المتوسطة في المجموع ك د ع حدثت الكمية د ع اقل

من المجموع المذكور

وقد برهن على صحة هذا التنبيه المستعمل سابقا في (بند ٣٢ و بند ٥٥) المهندس

بونسلية (في تجاربه) بنحو ما سندكره فنقول

أن السرعة  $\bar{e}$  المتغيرة في القطع  $\bar{s}$  تكون تارة أكبر من السرعة  $\bar{e}$

المتوسطة وتارة أصغر منها وليكن على العموم  $\bar{e} = \bar{e} + \bar{s}$

فيكون الفرق المتغير الحادث في اجزاء القطع المتنوعة تارة موجبا وتارة سالبا

بجلاف السرعتين  $\bar{e}$  و  $\bar{e}$  فانهما دائما موجبتان وحيث كانت  $\bar{e}$

متوسطة مقادير  $\bar{e}$  ينتج من ذلك أن السرعة المتوسطة بين مقادير  $\bar{s}$  وهي

$$\frac{\bar{e} \bar{s}}{\bar{e}}$$

$$\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{e}$$

وعمدة تضي المعادلة المتقدمة يكون

$$\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{e} + \bar{e} \bar{s}$$

$$\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{s}$$

اذا تقر هذا وابدل  $\bar{e}$  بمقدارها  $\bar{e} + \bar{s}$  يحدث

$$\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s}$$

$$\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s}$$

$$\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s}$$

$$\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s} + \bar{e} \bar{s}$$

دائما ينتج من ذلك أن

$$\bar{e} \bar{s} < \bar{e} \bar{s}$$

فيوضع حيث  $\bar{e} \bar{s} = \bar{e} \bar{s}$  يجعل  $\bar{e}$  رمز المكرر لتبسيط

مقدارها أكبر من واحد

وبناء عليه تكون حدة المائع المحصور بين  $\bar{a}$  و  $\bar{a}$  مبينة بالكمية

$$\frac{\bar{e} \bar{s}}{\bar{e}}$$

وحدة المائع المحصور بين  $\bar{a}$  و  $\bar{a}$  مبينة بواسطة السرعة  $\bar{e}$  المتوسطة

في



في المستوى أَب بالكمية

$$\frac{\text{ط هـ} \times \text{ع}^2}{\text{ع}^2}$$

فأذن يكون الطرف الاول من معادلة تأثير الشغل

$$\frac{\text{ط هـ} \times (\text{ع}^2 - \text{ع}^2)}{\text{ع}^2}$$

ثم ان القوى التي يدخل شغلها في الطرف الثاني من المعادلة المذكورة هي

اولا الانضغاطات الخلفية اي الحادثة من جهة الخلف ولتحصيلها يجعل ف  
البعد ال للعنصر ل عن سطح التيار فالضغط الحاصل على السعة هـ  
يكون هـ (ضه + ط ف) يجعل ضه رمز الضغط الجوى على كل متر  
مربع وشغله في الزمن هـ

$$(\text{ضه} + \text{ط ف}) \times \text{هـ}$$

فيئذ يكون الشغل الكلى للانضغاطات الخلفية

$$\text{ضه} \times \text{هـ} + \text{ط} \times \text{هـ} \times \text{ف}$$

فليست الكمية هـ في هذه الكمية الا الحجم هـ المتصرف مدة الزمن  
هـ ومما يسهل مشاهدته بواسطة قضية القيم انه اذا جعل ث رمز الثقل  
المائع أَب دح و ص رمز البعد مركز ثقله عن سطح التيار كان مجموع  
ط هـ ف مساويا ل هـ فأذن يكون شغل الانضغاطات الحاصلة على  
الجهة الخلفية

$$\text{ضه} \times \text{هـ} + \text{ث} \times \text{ص}$$

وثانيا الانضغاطات الامامية وشغلها السالب بين ايضا بالكمية  
— ضه هـ — ث ص بالتنبية على أن ثقل المائع أَب دح هو  
ايضا ث وأن ص بعد مركز ثقله عن سطح المائع  
وثالثا التثاقل وشغله الحاصل على جميع الجسلة مساو للثقل ث مضروبا  
في الارتفاع الذي يكون مركز ثقل ج منخفضا به عن ج وليكن سم  
انحطاط أ عن أ فيكون مقدار الشغل المطلوب مينا هكذا

$$\text{ث} (\text{سم} + \text{ص} - \text{ص})$$

ورابعا مقاومة المرقد وتأثيرات عناصر المائع في بعضها ولنفرض في التحرك



لا يمكن الآن تحصينه مع الضبط بمعارفنا وكان المهندس كوريوليس أول من بحث عن تعيين ~~مكرر~~ التصحيح المذكور فقدره بنحو ١٦ ر ١ تقريباً بفرضه دائماً أن تكون السرعة  $\frac{7}{16}$  من السرعة ع لمتصف سطح التيار

ولما سلم المهندس ووتيه أن سرعة القاع متغيرة وانها في كل نقطة في نسبة ثابتة مع سرعة السطح المأخوذ معها على رأسي واحد وجد أن المكرر  $\frac{7}{16}$  يتغير ويساوي ١٠ ر ٣ متى كانت السرعة المتوسطة ٥٠ ر ١ ويساوي ١٠ ر ١ متى كانت هذه السرعة ٢٥ ر ٢٠

ويمكن بدون ضرر جعل  $\frac{7}{16} = 10$  ر ١ وبالنظر الى صغر الكمية الحادثة من المكرر المذكور يكون الخطأ الذي يمكن حصوله في هذا الشأن اقل خطراً من الخطأ الحادث من عدم صحة المكررين و و كما تقدم في (بند ٧٥) ٨٠ يمكن استعمال معادلة (٣) المذكورة في (بند ٧٨) في حل مسائل نذرها فنقول

### المسئلة الاولى

إذا علم متصرف من الماء ه يتحرك تحركاً دوامياً في خليج أ ب أ ب كافي (الشكل ٣٥) وامكن تعيين ما يراد من القطوع العرضية من التيار وكان المطلوب حساب الانحدار الكلي  $\frac{H}{L}$  للسطح من النقطة أ المعلومة من هذا السطح الى النقطة أ الموجودة على بعد معلوم من النقطة الأولى يقال يحدث من سعتي القطعين أ ب و أ ب المتطرفين ومن المتصرف ه السرعتان  $u$  و  $v$  وحيث أن الصعوبة انما هي في عمل حساب التكامل  $\int (u + v) dx$  فأي فيتوصل الى ذلك يتعاون المهندس سامسون بأن يقسم الطول  $L$  الى عدد مزدوج من الاجزاء المتساوية ويؤخذ من كل نقطة من نقاط التقسيم قطع عرضي تحسب له الكميات  $u$  و  $v$  ثم  $\frac{H}{L} = \frac{1}{L} \int (u + v) dx$  وليكن  $n$  العدد المزدوج للاجزاء المذكورة و  $u_1, v_1, u_2, v_2, \dots, u_n, v_n$

مقادير الدالة  $\frac{ع}{ك}$  (وع + وع<sup>٢</sup>) التي عددها ٥ + ١ الحادثة من القطوع  
المتساوية الأبعاد التي من أجلها القطعان أب و أب المتطرفان وليكن  
ل رمز إلى الطول أأ فيحدث

$$\frac{ع}{ك} = (وع + وع^2) \text{ فأى } = \frac{ل}{٥} (صه + ٤ صه + ٢ صه + ٤ صه + صه)$$

$$+ ٠٠ + ٤ + ١ + ٥$$

وبهذا نستنتج

فإذا كانت القطوع العرضية معلومة لكن ليست على أبعاد متساوية من بعض  
قانه يمكن بين قطعين متواليين ادخال قطع متوسط فرضى ثم يجرى قانون  
المهندس سامسون على كل مسافة بين قطعين معلومين

### المسئلة الثانية

٨١ إذا علم الطول أأ لتيار من الماء والانحدار الكلى سم للسطح  
أو عدد كاف من القطوع العرضية للتيار المذكور وكان المطلوب إيجاد  
المتصرف ه في الثانية الواحدة يقال

يمكن ابدال  $\frac{ع}{ك}$  بالكمية  $\frac{ه}{ك}$  في معادلة (٣) فينشأ يحدث  
 $سم = \frac{ه}{ك} (٢ - \frac{ل}{٢}) + وه ك \frac{ع}{ك} \text{ فأى } + وه ك \frac{ع}{ك} \text{ فأى}$   
فالانحدار الكلى سم وقطعا ٢ و سم معلومة في هذه المعادلة ويمكن  
حساب التسكاملين

$$\frac{ع}{ك} \text{ فأى } و ك \frac{ع}{ك} \text{ فأى}$$

حساباً تقريبياً بواسطة قانون سامسون واذن فلا يبقى علينا الا المجهول ه  
الذى يعلم من معادلة بدرجة ثانية

### تنبيه

يندر اشتغال المهندسين بالمسئلتين المتقدمتين والاولى في الحالة الاولى  
تعيين سم بعملية التوازن وتعيين ه بالمعيرة في الحالة الثانية

واما المسئلة الاتية فانها كثيرة الوقوع في العمل

المسئلة الثالثة

٨٢ اذا علم الجزء ب ب من مرقد تيار من الماء اى سائر الابعاد

الطولية والعرضية التي تعين صورته ووضعه بالنسبة للافق (وهي معلومات

ناججة من عملية توازن في طول المرقد وعرضه) وعلم كذلك المتصرف هو

للتيار في حالة دوام التحرك وعلمت ايضا النقطة ا من سطح الماء في احد القطعين

المتطرفين وكان المطلوب تعيين النقطة ا من هذا السطح في الطرف الآخر

تختصر هذه المسئلة في مبدء الامر بان نفرض ان مرقد تيار الماء منشورى

بحيث تكون اولاقطوعه العرضية ثابتة الصورة ماعدا الوضع المتغير لخط سطح

الماء

وثانيا يكون للاضلاع الممتدة من قطع الى آخر منها بين النقط المتناظرة

انحدار منتظم في كل متر نرمز له بالحرف س فاذا رسم خط افقى ل م كافي

(الشكل ٣٦) له وضع واحد في جميع القطوع فان المسئلة تؤول الى البحث

عن ايجاد الارتفاع ا ل للماء فوق الافقى الثابت من القطع ا ب

وليكن د في قطع ما ا ب متوسط بين القطعين ا ب و ا ب رمز الارتفاع ا ل

الذى هو ارتفاع خط الماء فوق الافقى ل م في القطع المذكور فيلزم تحويل

معادلة (٣) الى ارتباط بين المتغير د والبعد سى الكائن بين ا و ا

او بين ل و ل ولذلك تنبئه على ان معادلة (٣) تجرى في جزء ما من التيار

كجزء ا ا المبين بالرمز فاي وفي هذه الحالة يؤول س الى قاسم

و  $\frac{د - د}{د} = \frac{فاي - فاي}{فاي}$  او  $\frac{د - د}{د} = \frac{فاي - فاي}{فاي}$  ويؤول تكامل معادلة (٣) الى

$\frac{د}{د} = (د + د) فاي$  فينشذ يحدث

قاسم  $= د + \frac{د - د}{د} = (د + د) فاي$  فاي (٤)

فاذا رسم الان من النقطة ا الخط ا ح موازيا للضلع ل ل من المرقد

والافقى ا ه حدث بناء على ان ه ح رأسى تقريبا



أه = فاسه و إع = فاد و إح = فاي و هه = ر × إح  
ومنها يحدث

فاسه + فاد = ر فاي ..... (٥)  
وحيث أن السرعة  $v$  متعلقة بالقطع المتعلق بالكمية  $z$  وبالصورة المعلومة  
لقطع المرق قد تكون  $v$  دالة للمتغير  $z$  فحينئذ ينتج  $v = - هه$   
ومنها يحدث  $- فاج + فاد = ٠$   
أو  $فاج = - فاد$

وليكن  $z$  رمز العرض  $z$  من توازن الماء في القطع أب فيكون  
فاد =  $z$  فاد

فحينئذ يكون  $فاج = - فاد$   
وبإبدال  $فاج$  و  $فاسه$  بمقداريهما المتقدمين في معادلة (٤) يحدث  
ر فاي - فاد =  $z$  فاد +  $z$  (و + و) فاي  
ومنها ينتج

$$\text{فاي} = \frac{1 - z \frac{v^2}{g}}{r - z} \text{ فاد} \dots\dots\dots (٦)$$

فيحدث من هذه المعادلة بواسطة المتغير  $z$  الميل  $\frac{\text{فاد}}{\text{فاي}}$  لسطح الماء في النقطة  
١ بالنسبة إلى مركز التيار ويكون الميل بالنسبة للاق  $\frac{\text{فاسه}}{\text{فاي}}$  أو  $r - \frac{\text{فاد}}{\text{فاي}}$   
بموجب معادلة (٥)

ولاجل حل المسئلة المذكورة بواسطة معادلة (٦) يستعمل لذلك  
طريقة سامسون

فإذا كان الارتفاع  $z$  الذي هو مقدار معلوم للارتفاع  $z$  في القطع أب  
المتطرف أكبر أو أصغر من الارتفاع الموافق لحالة الانتظام يحكم بان الارتفاع  
 $z$  المطلوب للقطع أب أكبر أو أصغر من  $z$  وبحسب إحدى  
هاتين الحالتين يعطى للكمية  $z$  مقادير متحدة الفرق ومتزايدة أو متناقصة  
 $z$  و ١ و ٢ و ٣ ..... يحسب بالنسبة لكل

منها



$$\text{معادلة ج} = \frac{\text{ه}}{\text{د}}$$

وكان يمكن في هذه الحالة البسيطة المطلوبة اخذ تكامل فاي جبريا بالنسبة الى الطرفين د و د لكن الافيد اجراء طريقة التقريب العامة ليتمرن عليها

$$\begin{aligned} \text{فيجعل مثلا ل} &= ١١٣٥ \text{ و ه} = ٢٠٨٠ \text{ و د} = ٢١ \\ \text{و آ} &= ٦٨٠ \text{ ويكني بجعل ٢٠٨١ فرقا ثابتا بين الارتفاعات} \\ \text{د و ا و م} & \dots \dots \dots \text{الخ} \end{aligned}$$

تطبيق ثان على ما تقدم

٨٤ اذا فرض في الخليج الذي تقدم بيان شكله وانحداره في (بند ٧٤) ستير تنوع الماء خلفه عن مستوى حالة الانتظام بقدر ٢١٥٠ ارتفاعا يقاس على بعد بعض امتار من السد بحيث يحدث في هذا الموضع م ق أو د = ٢١٧٠ وكان المطلوب صورة سطح الماء الى الموضع الذي يؤول فيه تأثير السد الى علو قدره ٢٠٦٠ بحيث يكون عمق الماء في الموضع المذكور د = ٨٠ و يقال لاجل الحل ينبغي ان تعتبر زيادة على المعادلات المتقدمة في (بند ٧٤) وهي  $\text{د} = \text{د} + \text{ل} + \text{د}$  و  $\text{ع} = \text{ع} + ٧٥٢ + \text{ا} + \text{د}$  و  $\frac{\text{ه}}{\text{د}} = \frac{\text{ه}}{\text{د}}$  معادلة  $\text{ع} = \text{ل} + ٢ \text{ د}$  وبهذا تكون معادلة (٦) آيلة الى الصورة فاي  $\text{د} = \text{د}$  فاد الموافقة لاجراء الطريقة المذكورة في (بند ٨٢) فيوجد بعد الحل ان مقدار البعد السكاش بين الحدين المذكورين ٩٢٤٤ وهو طول يكون الانحدار الكلي للمرقد فيه  $٩٢٤٤ \times ٠٠٠١١٥ = ١٠٦٣$  ومن ذلك يستخرج ان قدر انحدار سطح الماء بين الحدين المتقدمين ١٠٦٣ و ٩٠ =  $١٠٦٣$  أعنى أن مقدار الانحدار يكون ٠١٧٦ و بالتقريب على كل الف متر

تنبيه

٨٥ اذا انقص في الجهة الخلفية اصغر مقادير د الذي تقدم انه يساوى ٨٠ و لاجل

لاجل أن يبحث عن تأثير السد على بعد كبير في جهته الخلفية شوهد أنه كلما تناقص  
 و ازداد البعد عن السد ازداد عظميا وظهر أن السطح المرتفع كلما تباعد عن  
 السد تقارب دائما من مستوى حالة الانتظام غير أنه لا يمكن أن يصل إليه أبدا  
 كقعر قطع زائد وخطه التقاربي الذين يقربان دائما من بعضهما بدون أن يتلاقيا  
 نظرا ولكن يعتبر عملا حصول الانطباق متى آل تأثير السد إلى علو صغير جدا مثل  
 ٢٠.٠١ أو ٢٠.٠٥

ولنبينه على أن للتقارب السطحي المتقدم استثناء كما سيأتي في (بند ٨٧)  
 ٨٦ ولنرجع إلى مسألة (بند ٨٢) مع اعتبار اعم احوالها فنقول  
 ليكن كما في (شكل ٣٧)  $I$   $P$  قطعان قريبان من القطع  $AB$  المعلومة  
 فيه النقطة  $A$  التي هي وضع سطح الماء في القطع المذكور والمطلوب تعيين  
 وضع نقطة  $I$  لسطح الماء في القطع  $AB$  فينبغي تعيين هذا الوضع بواسطة  
 معادلة (٣) التي ينبغي فيها ابدال  $E$  بالرمز  $E'$  وهي السرعة المتوسطة  
 في القطع  $AB$  وابدال  $S$  بالرمز  $S'$  وهو الانحدار الكلي  
 من  $A$  إلى  $I$

فيثبت اذا رمز بالرمز  $I$  إلى البعد  $A-I$  فيحدث

$$S' = \frac{E' - E}{r} + \frac{E}{r} \quad \text{كما} \quad \frac{E}{r} = (E + E') \quad \text{فأى}$$

ولاجل استعمال هذه المعادلة يفرض للانحدار  $S'$  مقدار به يتعين تقريبا وضع  
 النقطة  $I$  وتحسب في هذا الفرض مقادير الكميات  $E$  و  $E'$  الموافقة  
 للقطع  $AB$  ثم يتصور قطع فرضي  $AB$  يمر بمتصف البعد  $A-I$  فيحدث عنه

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r} \left( \frac{E}{r} + \frac{E'}{r} \right) \quad \text{و} \quad \frac{1}{r} = \frac{1}{r} (E + E')$$

فيثبت يحصل للقطع  $AB$  و  $AB$  و  $AB$  مقادير الدالة

$$\frac{E}{r} = (E + E') \quad \text{ولنرمز إليها بالرموز} \quad S' \quad \text{و} \quad S \quad \text{و} \quad S''$$

فيحدث من قانون سامسون

$$س = د + \frac{ع - ع^2}{2} + \frac{ي}{4} (ص + ع + ص + ص + ص + ص)$$
  
 فإذا كان المقدار الثاني للكمية  $س$  مخالفا لمقدارها الأول الفرضي بحيث  
 تختلف منه مقادير الكميات  $ع$  و  $ي$  و  $ص$  ينبغي أن يعاد الحساب يجعل  
 المفروض هو المقدار الثاني  $س$  فيحصل من ذلك مقدار ثالث يخالف  
 المقدار الثاني يسير يعتبر مساويا للمطلوب

فإذا كان مقدار الدالة  $ع$  ( $ع + ع^2$ ) المرموز اليهما بالرمزين  
 $ص$  و  $ي$  متخالفين قليلا يمكن أن يهمل حساب  $ص$  ويوضع للمساواة ١

$$ك = \frac{ع}{2} (ع + ع^2) فاي = ي \left( \frac{ص + ص}{2} \right) \text{ فينتد يكون}$$

$$س = د + \frac{ع - ع^2}{2} + \frac{ي}{4} (ص + ص)$$

ويحسب كما تقدم  $س - ي$  الذي هو اتحاد السطح من  $ا$  الى قطع  
 عرضي آخر  $اب$  وهكذا الى القطع المتطرف  $أب$

ويظهر من الشكل أن القطع العرضي المعلوم فيه السطح يوجد في الجهة الخلفية  
 من باقي جزء التيار المعتبر ومن البديهي أن الطرق الحسابية المتقدمة تجري في  
 الحالة التي يكون فيها القطع المعلوم في الجهة الامامية للجزء المذكور

### الفصل الثالث عشر

في التواء السطح الجاري الماء

٨٧ يتفق عند البحث عن صورة سطح تيار بالابتداء من نقطة معلومة  
 من هذا السطح وقوع حالة شهيرة نذكرها فنقول  
 لنفرض لمزيد السهولة أن مرقد الخليج منشوري فتكون معادلة التحريك الدوامي  
 حينئذ كافي (بند ٨٢)





بالحالة المذكورة آنفا

فعمل تجاريه في خليج مبنى كان قاعه مستطحا وكان حائزاه الجانبان رأسيين ومتوازيين على بعد من بعضهما قدره ٢٠,٣٢٥ م ولنجعل ٠,٣٢٥ ر = ل ولم يكن انحدار قاع الخليج ثابتا عند موقع الحادث الذي سنذكره وكان مقداره ٢٣,٠ ر = على كل متر فعلى ذلك نجعل ٢٠,٣٢٥ ر = ل و ٠,٢٣ ر = س فاذن يلزم في معادلة (٦) جعل  $ل = س$  و  $ل = ح$  و  $ل + ح = ٢$  فتؤول المعادلة المذكورة الى هذه الصورة

$$\text{قاي} = \frac{س - ح \cdot \frac{ل}{س}}{(١ - \frac{ل}{س})(ح + و)} \quad \text{فاد } ٠,٠٠٠ (٧)$$

التي يكون فيها  $و = \frac{ه}{ل}$

ففي احدى تجارب المهندس بيدون كان مقدار المتصرف ه في الثانية الواحدة ٠,٣٥١ م

ووافق في الخليج المذكور عمق لحالة الانتظام قدره ٠,٦٤ م ولما عمل المهندس بيدون في الخليج المذكور سدا اذامصب يجبر الماء على الارتفاع بحيث يكون قدر عمق الماء على بعد يساوى مترا واحدا من الجهة الخلفية للسد ٢٨,٠ م وجد في الجزء الخلفي من الخليج التجريبي أن الماء ينحدر موازيا للقاع على سمك قدره ٠,٦٤ م تقريبا فكان يتحرك بناء على ذلك بسرعة متوسطة قدرها ٦٩,١ م الى نقطة توجد خلف السد على بعد مقداره ٥٠ م فكان يحدث في هذه النقطة من سطح التيار تسريع يرفع الماء بحيث ينتقل عمقه في بعد صغير من ارتفاع قدره ٠,٦٤ م الى مقدار يساوى ثلاثة امثال ذلك تقريبا وبعد ذلك يتحرك الماء على سطح محدب محدبيا خفيفا الى السد الذي يمر فيه المتصرف الثابت

وقد وضع لتطبيق المعادلة المتقدمة على حادث تجريبه بيدون جدول

يتركب من اثني عشر خانة الاولى منها المرسوم في رأسها حرف د تدل على  
العماق متوالية متناقصة بمقدار سنتيمتر والخانة الثانية تدل على المقادير  
المتوالية للسرع المتوسطة في القطوع المقابلة للعماق المتقدمة وبقية  
الخانات يدرك المراد منها بعنوانها وهالك صورتها

٦	٥	٤	٣	٢	١
$\frac{52}{2} + 1$ ٢٦, ١٥ + ١	$\frac{52}{2}$ ٢٦, ٠٢٣	بسط $\frac{52}{2} - 1$ ٢٦, ١ - ١	$\frac{52}{2}$	$\frac{52}{2} = 26$ $\frac{52}{2} = 26$	$\frac{52}{2}$
٢, ٧٢٢	٠, ٠٠٦٤٤	٠, ٢٦٣٤	٠, ٠١٥١	٠, ٣٨٥	٢, ٢٨
٢, ٦٦١	٠, ٠٠٦٢١	٠, ٢٥٢١	٠, ٠١٦٣	٠, ٤٠٠	٠, ٢٧
٢, ٥٩٩	٠, ٠٠٥٩٨	٠, ٢٤٠٦	٠, ٠١٧٦	٩, ٤١٥	٠, ٢٦
٢, ٥٣٨	٠, ٠٠٥٧٥	٠, ٢٢٩١	٠, ٠١٩٠	٠, ٤٣٢	٠, ٢٥
٢, ٤٧٦	٠, ٠٠٥٥٢	٠, ٢١٧٢	٠, ٠٢٠٦	٠, ٤٥٠	٠, ٢٤
٢, ٤١٥	٠, ٠٠٥٢٩	٠, ٢٠٥٢	٠, ٠٢٢٥	٠, ٤٧٠	٠, ٢٣
٢, ٣٥٣	٠, ٠٠٥٠٦	٠, ١٩٢٩	٠, ٠٢٤٦	٠, ٤٩١	٠, ٢٢
٢, ٢٩٢	٠, ٠٠٤٨٣	٠, ١٨٠٤	٠, ٠٢٦٩	٠, ٥١٤	٠, ٢١
٢, ٢٣٠	٠, ٠٠٤٦٠	٠, ١٦٧٣	٠, ٠٢٩٧	٠, ٥٤٠	٠, ٢٠
٢, ١٦٩	٠, ٠٠٤٣٧	٠, ١٥٣٨	٠, ٠٣٢٩	٠, ٥٦٨	٠, ١٩
٢, ١٠٧	٠, ٠٠٤١٤	٠, ١٣٩٦	٠, ٠٣٦٧	٠, ٦٠٠	٠, ١٨
٢, ٠٤٦	٠, ٠٠٣٩١	٠, ١٢٤٨	٠, ٠٤١١	٠, ٦٣٥	٠, ١٧
١, ٩٨٤	٠, ٠٠٣٦٨	٠, ١٠٩٠	٠, ٠٤٦٤	٠, ٦٧٥	٠, ١٦
١, ٩٢٣	٠, ٠٠٣٤٥	٠, ٩١٩	٠, ٠٥٢٨	٠, ٧٢٠	٠, ١٥
١, ٨٦١	٠, ٠٠٣٢٢	٠, ٧٣٣	٠, ٠٦٠٦	٠, ٧٧١	٠, ١٤
١, ٨٠٠	٠, ٠٠٢٩٩	٠, ٥٥٦	٠, ٠٧٠٤	٠, ٨٣١	٠, ١٣
١, ٦٣٨	٠, ٠٠٢٧٦	٠, ٢٩١	٠, ٠٨٢٦	٠, ٩٠٠	٠, ١٢
١, ٦٧٧	٠, ٠٠٢٥٣	٠, ٠٠١٩	٠, ٠٩٨٣	٠, ٩٨٢	٠, ١١
١, ٦١٥	٠, ٠٠٢٣٠	٠, ٠٠٩—	٠, ١١٩٠	١, ٠٨٠	٠, ١٠

١٢	١١	١٠	٩	٨	٧
ابعاد بالابتداء من = ٢٨ ر.	ابعاد اعماق و المتوالية	فأى فأى خارج قسمة خانة ٤ على خانة ٩	مقام سـ د اي الخانة الخامسة — الثامنة	حاصل ق الحادث من الحالتين المتقدمتين	وع + وع
٠,٠٠٠		٤٢,٠	٠,٠٠٦٢٧	٠,٠٠٠١٧	٠,٠٠٠٦٣٥
٠,٤١٩	٩,٤١٩	٤١,٨	٠,٠٠٦٠٣	٠,٠٠٠١٨	٠,٠٠٠٦٨٢
٠,٨٣٦	٠,٤١٧	٤١,٦	٠,٠٠٥٧٩	٠,٠٠٠١٩	٠,٠٠٠٧٣٠
١,٢٥١	٠,٤١٥	٤١,٣	٠,٠٠٥٥٥	٠,٠٠٠٢٠	٠,٠٠٠٧٨٧
١,٦٦٢	٠,٤١١	٤٠,٩	٠,٠٠٥٣١	٠,٠٠٠٢١	٠,٠٠٠٨٤٩
٢,٠٦٩	٠,٤٠٧	٤٠,٥	٠,٠٠٥٠٧	٠,٠٠٠٢٢	٠,٠٠٠٩٢٢
٢,٤٧٢	٠,٤٠٣	٤٠,٠	٠,٠٠٤٨٢	٠,٠٠٠٢٤	٠,٠٠٠١٠٠١
٢,٨٦٩	٠,٣٩٧	٣٩,٤	٠,٠٠٤٥٨	٠,٠٠٠٢٥	٠,٠٠٠١٠٩١
٣,٢٦٠	٠,٣٩١	٣٨,٧	٠,٠٠٤٣٣	٠,٠٠٠٢٧	٠,٠٠٠١١٩٧
٣,٦٤٢	٠,٣٨٢	٣٧,٧	٠,٠٠٤٠٨	٠,٠٠٠٢٩	٠,٠٠٠١٣١٦
٤,٠١٣	٠,٣٧١	٤٦,٤	٠,٠٠٣٨٣	٠,٠٠٠٣١	٠,٠٠٠١٤٦١
٤,٣٧٠	٠,٣٥٧	٣٤,٩	٠,٠٠٣٥٨	٠,٠٠٠٣٣	٠,٠٠٠١٦٢٨
٤,٧١١	٠,٣٤١	٣٣,١	٠,٠٠٣٣٢	٠,٠٠٠٣٦	٠,٠٠٠١٨٢٩
٥,٠٢٨	٠,٣١٧	٣٠,١	٠,٠٠٣٠٥	٠,٠٠٠٤٠	٠,٠٠٠٢٠٧٠
٥,٣١١	٠,٢٨٣	٢٦,٤	٠,٠٠٢٧٨	٠,٠٠٠٤٤	٠,٠٠٠٢٣٦٠
٥,٥٤٩	٠,٢٣٨	٢١,٠	٠,٠٠٢٥٠	٠,٠٠٠٤٩	٠,٠٠٠٢٧٢٦
٥,٧٢٣	٠,١٧٤	١٣,١	٠,٠٠٢٢١	٠,٠٠٠٥٥	٠,٠٠٠٣١٧٩
٥,٧٩٧	٠,٧٤	١,٠	٠,٠٠١٩٠	٠,٠٠٠٦٣	٠,٠٠٠٢٧٦٤
		١٣,٣ —	٠,٠٠١٥٧	٠,٠٠٠٧٣	٠,٠٠٠٤٥٢٦



٨٩ ومما يسهل تحقيقه أن معادلة (٧) توافق الحادث المذكور لأنه ينتج من الجدول المتقدم أن وجه التيار محدد حيث أن الميل  $\frac{قاي}{قاي}$  الذي هو عكس للكمية  $\frac{قاي}{قاي}$  المكتوبة في الخانة العاشرة يتناقص تدريجاً كلما تزايد العمق ثم إن الجدول المذكور يدل أيضاً على أن معادلة (٧) لا توافق الحالة التقاربية للعلو الحاصل من السد في جزء التيار الذي يتقطع فيه تأثير السد المذكور لأن الحالة الثانية المقررة في (بند ٨٧) محقة الوقوع حيث أن الميل  $\frac{قاي}{قاي}$  يؤول إلى غير نهاية في المقدار  $\frac{قاي}{قاي}$  المحصور بين  $\frac{قاي}{قاي}$  و  $\frac{قاي}{قاي}$ .

٩٠ ولا بد للحادث المتقدم من وضع نظرية خصوصية لأنه يفهم بالسهولة في هذه الحالة أن لتأثير عناصر المائع في بعضها موقع أهم من تأثير تغير القطع تغيراً محسوساً

وذلك أن نعتبر جزءاً من التيار كما في (شكل ٣٨) محصوراً في وقت ما بين المستويين  $أ ب$  و  $أ ب$  الموضوع أحدهما خلف التتو على بعد صغير منه والآخر أمامه كذلك ثم نجري على هذه الجملة المبادئية قضية ازدياد كمية التحرك بأن نسلم توازي تحرك الخليوط تقريباً في القطع  $أ ب$  بعد التتو مباشرة.

وبناء على أن حادث التتو السطحي يقع في طول صغير انحدر القاع فيه صغير جداً نفرض هذا القاع أفقياً ونحمل بسبب ذلك أيضاً في الامتداد المذكور تأثير احتكاك مقر الخلع في المائع

فبعد زمن يسير  $ح$  يمضي من الوقت المذكور تكون الجملة محصورة بين  $ح د$  و  $ح د$  فيكون الازدياد الجبري لكمية التحرك مساوياً لكمية تحرك المائع المحصور بين  $أ ب$  و  $د ح$  ناقصة كمية تحرك المائع المحصور بين  $أ ب$  و  $ح د$

وباستعمال الرموز المقررة (في بند ٧٨) يكون هذا الفرق

$$\frac{ط}{\gamma} (ك د ع' - ك د ع'')$$

وإذا بدلنا السرعة  $ع$  في المجموع  $ك د ع'$  بالسرعة  $ع$  المتوسطة

فإن

فإن الحاصل سَّع<sup>٢</sup> يكون أكبر من المجموع المذكور غير أن الفرق يكون صغيراً جداً لأنه إذا جعل كما في (بند ٧٨)

$$ع = ع + سع \text{ حدث}$$

$$كع = سَّع + كد سع \text{ بسبب أن}$$

$$كد سع = ١$$

ولتذكر الآن اتنا وضعنا في (بند ٧٨) معادلة

$$كع = سَّع + ك (س^٣ + سع) د$$

ثم وضعنا  $كع = سَّع$  وجعلنا د رمزاً إلى عدد مختلف قليلاً عن ١ وبالتنبية على أن سع يكون تارة كمية موجبة وتارة سالبة وأنه يمكن بدون خطأ معتبر إهمالها بالنسبة إلى ٣ سع ينتج من هاتين المعادلتين

$$(١ - د) سَّع = ٣ سع كد سع$$

ومن هنا يحدث

$$كد سع = \frac{١ - د}{٣} سَّع$$

وبإبدال الكمية كد سع بمقدارها في مقدار كع يحدث

$$كع = (١ + \frac{١ - د}{٣}) سَّع$$

$$\text{أو} \quad كع = د سَّع$$

بجعل د رمزاً إلى عدد لا يتجاوز الوحدة إلا ببعض أجزاء من مائة  
وحينئذ يكون الزيادة الجبري لكمية تحرك الجملة أب أب  
بعد الزمن ٤

$$د ط = (سَّع - سَّع)$$

ويكون هذا الزيادة مساوية لمجموع دفعات القوى الخارجة مسقطه على خط مواز للتحرك

فاذا أهملنا لاجل مزيد السهولة القوى المتسوية لضغط الجو التي تنحى

فلا يبقى علينا بموجب الفروض الا اعتبار الضغطين الحاصلين على المستويين  
أَب و أَبَّ اللذين تكون دفعتهما

ط (رَفَ - رَفُّ) ے

بجعل فَ و فْ رمزین الی بعدی مرکزی ثقل قطعی أَب و أَبْ  
تحت المستقیمین الا فقیین المسقطین احدهما فی أ والاخر فی ا فاذن  
یحدث من القضية النظرية المذكورة

$$\frac{2}{7}(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}$$

وانه يحدث بسبب أن  $\text{—}^{\circ} = \text{—}^{\circ} \text{—}^{\circ}$  أو أن

$$\frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{f'} = \left( \frac{1}{f} - 1 \right) \frac{e}{2}$$

٩١ وتختصر هذه المعادلة اذا كان للخارج قطع مستطيل ولذا يجعل  
 د و د رمزين الى عمق الماء وهما أ ب و أ ب فيحدث

$\frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$  و  $\frac{1}{\frac{1}{3}} = 3$  و  $\frac{2}{\frac{2}{3}} = 3$

فتؤول المعادلة المذكورة الى

$$s (r'_s - r''_s) = (s' - s'') \frac{r'_e}{2} \times s' \times \phi \quad r$$

أَوَانَهُ يَجِدُ بِقِسْمَةِ طَرَفِيهَا عَلَي ٤ — ٤

$$s's' + r'' = \frac{r_c}{2} \times s's' r.$$

ومن ذلك يستخرج

$$(A) \dots \frac{r_2' s' \otimes z + r_1' \frac{1}{z}}{r_1'} \gamma + s' \frac{1}{r_1'} - = s'$$

وهي معادلة يحدث منها العمق  $z$  الكائن بعد التتو مباشرة بواسطة الكميتين

د و ع المأخوذتين في الجهة الخلفية من التتو

٩٢ ولنطبق هذه المعادلة على معاليم التجربة المقررة في (بند ٨٨) وهي

$$د = ٢٠٠٦٤ ر و ع = \frac{١٠٨}{٢٠٠٦٤} = ١٠٨ ر و ع = \frac{١٠٨}{٢٠٠٦٤} = ١٤٥٣ ر$$

$$\text{ويجعل } د = ١٠٤ ر يحدث د = ٢٠١٦٧ ر$$

فحينئذ ارتفاع التتو وهو د - د يكون ٢٠١٠٣ ر

وصورة وجه التيار في الجهة الامامية من النقطة التي قدر العمق فيها ٢٠١٠٣ ر تكون معلومة من الجدول الموجود في (بند ٨٩) وينتج من ذلك أن بعد هذه النقطة التي قدر العمق فيها ٢٠٢٨ ر يكون بموجب معادلة (٧)

$$٢٤٣٧٠ ر + ٣٤٩ ر \times ٠٠٣ ر = ٢٤٤٧٥ ر$$

ليكن في هذا الامتداد ميل القاع بقدر

٠٢٣ ر  $\times$  ٢٤٤٧٥ ر = ٢٠١٠٣ ر فحينئذ النقطة العظمى ارتفاعا من نقط وجه التيار بالقرب من السد تكون موجودة فوق النقطة المأخوذة مباشرة خلف التتو

$$\text{بالمقدار } ٢٠٢٨ ر - ٢٠١٠٣ ر - ٠٠٩٦٤ ر = ٢٠١١٣ ر$$

وقد وجد بدل ذلك المهندس بيدون ٢٠١٢٥ ر بالتجربة

وشاهد ايضا أن التتوية تكون على بعد قدره ٢٤٥٠ ر خلف السد وبمقتضى الحساب المتقدم يتكون على بعد قدره ٢٥٤٧٥ ر ويمكن أن يكون عدم انتظام انحدار قاع الخليج سببا لهذا الفرق الذي يمكن ايضا أن يكون ناشئا كله او جزء منه من انه يلزم في تيار ذي عمق صغير جدا كاتيار المذكور أن يجعل للمكررين د مقداران اعظم من المقدارين المفروضين لهما

٩٣ ولا يمكن تطبيق معادلة (٨) المقررة في (بند ٩١) على متوسطي الا اذا حدث منها د < د ولكنه يفهم بالسهولة أن هذا الشرط يرجع الى د > د ع لكن بملاحظة معادلة (٦) والملاحظات المقررة في (بند ٨٧) نتذكر انه عند الكلام على علو ناشئ من سد أو نحوه كانت الكمية  $\frac{فاي}{فاو}$  دالة على

وجود تنوع في مقادير  $\delta$  مقدار به يكون البسط سالبا وصغيرا جدا بالنسبة الى المقام الموجب وفي حالة الخليج المستطيل التي تنسب اليها معادلة (٧) المقررة في (بند ٨٨) يكون التنوع متوقعا متى كان  $\delta$  مساويا لعمق حالة الانتظام فاذن يحدث ايضا

$$\delta > \frac{2\epsilon}{7}$$

وحيث كان المكرران  $\delta$  و  $\epsilon$  يختلفان عن الوحدة قليلا اتحد الشرطان المذكوران تقريبا ومن هذا الاتحاد يحدث

اولا انه متى لزم انهاء علو سطحى ناشئ من سد بتقويعين بمعادلة (٨) ارتفاع التنوع المذكور ومعادلة (٧) الموصلة الى نتيجة فاسدة عند تجربتها في سائر مقادير  $\delta$  المحصورة بين العمق الاكبر والا صغر للتيار لا تجري الا بالابتداء من التنوع بها يتعين التقطع الطولى للعلو الذي يكون على صورة منحني من التنوع الى السد

وثانيا اذا دل تطبيق معادلة (٧) على منحنى مقعر غير محدود من جهة انخلاف كما في المثال المذكور في (بند ٨٤) اعنى انه ليس بالتيار تنوعا كما يكون هو الحادث المذكور مدلولاً عليه ايضا بمعادلة (٨) التي اذا فحص فيها عن  $\delta$  —  $\epsilon$  الذي هو ارتفاع التنوع دلت على فساد الفرض بكونها تحدث للتنوع ارتفاعا سالبا وقد اخطأ المهندس بيدون خطأ عظيما حيث جعل النتائج الغريبة التي وجدها بالتجربة المحتوية كلها على التنوع عامة فقال ان سطح الماء يكون في امتداد العلو الحادث من حرف مصب مستويا تقريبا وافقيا منتهيا بتنوعا محسوسا عظيم القدر او قليلة

٩٤ واستعمال معادلة (٨) المخصوصة بالتنوع تستلزم معرفة عمق الماء مباشرة في الجهة الخلفية لهذا التنوع وهذا العمق يتعلق باسباب تحرك الماء في الجزء الاعلى من الخليج فاذا كان للخليج طول كاف في الجهة الخلفية من التنوع وانحدار كاف لحصول سرعة موافقة لوقوع الحادث المذكور فان العمق الخلفي للتنوع يختلف قليلا عن عمق حالة الانتظام كما في تجارب المهندس بيدون ويلزم



في صورة العكس وهي ما اذا كان الخليج طول صغير خلف التتو أن السرعة خلف التتو تكون حادثة من سقوط بواسطة منفذ وسع قاعه يساوى عرض الخليج ويكون للماء خلفه ضغط كاف في هذه الحالة يقال حيث كان الخليج منحدر او كان ارتفاع الماء المحجوز في الطرف الامامى للخليج ثابتا بالفرض فبتغير ارتفاع المنفذ والضاغط معا او احدهما بعد الآخر يتغير ايضا ارتفاع التتو وموضعه فاذا لم يكن سمك او سرعة عرق الماء في المنفذ قويا بالكفاية بحيث يصل التتو الى ارتفاع الماء المحجوز انغمر المنفذ بماء الحوض الاسفل ويمكن أن تحسب هذه الاحوال المتنوعة بموجب المعادلات التي تقدم ذكرها

٩٥ ولنطبق هذه الاعتبارات على الماء المتصرف من منفذ متبع بخليج تصريف فنفرض كما في (شكل ٣٩) أن هذا المنفذ مستطيل منفرج من جهة الحوض الاعلى وأن خليج التصريف منشورى وقاعه وجنباه في امتداد المنفذ وأن الخليج المذكور صغير الطول يصب ماءه في حوض متسع يجعل فيه توازن الماء بحسب الارادة بواسطة باب صرف للحوض المذكور فاذا لم يكن  $\delta$  الذى هو ارتفاع المنفذ والعرق المتصرف كبيرا جدا بالنسبة لسرعته كما في (بند ٩٣) فانه يمكن بواسطة حجز الماء في الحوض الاسفل تحصيل تنويعاته الكبرى تتحصل عند ما يراد اعلاء توازن الماء في الحوض الاسفل زيادة عما كان في نغمر الخليج والمنفذ ولتكن في هذا الفرض بسرعة خروج الماء من المنفذ المفروض منفرجا انفرجاتا تاما

$$\delta = 0.98 \text{ } \gamma \sqrt{2} \text{ سم أو } \frac{\delta}{\gamma} = 0.96 \text{ سم}$$

ولنمثل لذلك بالمعالم المتقدمة في (بند ٩٢) وهي

$$\delta = 0.64 \text{ } \gamma \text{ و } \delta = 0.688 \text{ } \gamma \text{ أو } \frac{\delta}{\gamma} = 0.1403$$

$$\text{فيستخرج من ذلك أن } \text{سم} = \frac{0.1403}{0.96} = 0.1451$$

ثم يحدث من معادلة (٨)  $z = 1.67$  ر. فبناء على ذلك فرق توازن الماء في الحوض الاعلى عن توازنه في الحوض الاسفل مأخوذاً بعد التبو مباشرة يكون

$$z + z' = 1.01 = 0.64 + 0.48 = 0.48$$

فاذا كان المنفذ يصب مائعه حالا في الحوض الاسفل وكان توازنه دائماً فان سرعة الخروج لا تكون الا  $0.98$  ر.  $0.48 \times 2 = 0.96$  ر. عوضاً عن السرعة  $1.68$  ر. المكتسبة بواسطة خليج التصريف

### الفصل الرابع عشر

في تأثيرات التغيرات الدفعية الحادثة لقطع النخلان المكشوف

٩٦ يمكن دائماً استعمال النظرية المتعلقة بالتجزؤ الدوامي مع الضبط الكافي ولو كان قطع التيار متغيراً تغيراً معتبراً امام انحدار القاع او من عكس انحداره وامام اقتراب الشواطئ او من ابتعادها او من جزيرة او من جسم بارز حيثما اتفق ومرتفع في التيار غير انه يلزم لذلك استيفاء الشروط الاصلية اللازمة للنظرية فيلزم

اولاً أن لا يكون تناقص القطع سريعاً بحيث تزيد سرعة التيار منه وبذلك تزيد المقاومة بمقتضى قاعدة مغايرة للقاعدة المبينة لدالة السرعة المتوسطة وهي

$$W + W'$$

وثانياً أن يكون انفراج القطع تدريجياً بحيث تكون الخيوط السائلة ملازمة لسييرها التقدي على الحائر المذكور فحينئذ لا يكون بين الحائر والتيار مسافات مشغولة بالشيميات او الدوامات

وليست هذه الشروط متأتية في مرور ماء نهر بين بغال قنطرة أو على راس سد مغمور ولا ينتج من النظرية المتقدمة الامحوظات تتعلق بصورة التيار في هذه الاحوال

٩٧ فاذا كان لبغال قنطرة في الجهة الخلفية وجه مستو رأسي وعمودي على

على التيار فانه يحدث من ذلك انضمام مماثل للانضمام الحاصل في مبدأ  
الموصلات الاسطوانية ويمكن ازالة هذا الانضمام بجعل مقدم كل بغل منحنيًا  
وممتدًا بالوجهين ويوجد للتيار امام بغل القنطرة شمية ودوامات مماثلة  
للتحركات الحاصلة بعد الانقراج السريع لانابيب التوصيل ولا ينتج من تحذب  
مؤخر البغال وانحنائه منع كلى لحصول الشمية والدوامات غير أن هذا الجزء  
المؤخر نافع بالنسبة لصلابته

٩٨ فاذا سلمنا أن تأثير الانضمام الحاصل في أ الذي هو مدخل الماء  
في عين القنطرة مهمل انظر (شكل ٤٠) وقطعنا النظر ايضا عن الاحتكاك  
الحاصل في هذا الامتداد الصغير فانه يحسب سقوط سطح الماء من أ الى أ'  
بواسطة معادلة (٣) مع اهمال الحد المنسوب للاحتكاك  
وترمز الى هذا السقوط الذي هو فرق توازن سطح التيار بين النقطة أ و أ'  
بالرمز س ه والى سرعتين الحاصلتين في القطعين اب و اب' بالرمزين  
ع و ع' فيحدث من المعادلة المذكورة

$$س ه = \frac{ع'^2 - ع^2}{2g}$$

ويمكن حساب الانحدار السطحي من أ الى أ' بواسطة معادلة (٦)  
حيث أن الخليج هنا مستطيل واما الانحدار من أ الى أ' الموجودة على  
بعد بعض امتار من خلف القنطرة فيمكن بدون خطأ معتبرا أن يفرض انه معدوم  
بسبب الشميات

وليكن ل رمز الى العرض المتوسط للتيار في القطع اب الكائن خلف القنطرة  
و ل' رمز الى وسع القنطرة في القطع اب' و رمز الى اب' الذي هو عمق الماء  
في هذا القطع فاذا اهمل انحدار القاع من ب الى ب' فان العمق يكون  
في القطع اب مساويا د + س ه  
وليكن ه رمز الى متصرف التيار في كل ثانية فيحدث

$$ه = ع ل (د + س ه) = ع ل د$$

وبذلك تؤول المعادلة المتقدمة الى

$$س = \frac{ه}{\frac{1}{س} - \frac{1}{س+د}} \quad (1)$$

ومن هذا يستخرج ارتفاع السقوط س متى علم الحجم ه والارتفاع د الذى يكفى لتعيينه أن تكون نقطة الماء هـ أ أو أ الموجودة امام التمنطرة معلومة

فإذا كان هنالك انضمام فى النقطة أ بمعنى أن الخيوط السائلة تكون منفصلة عن البغال كانت سعة القطع أ ب فى هذه الحالة مبينة بالكمية م ك د عوضاً عن ل د و م رمز الى المكرر الذى يكون على رأى المهندس ايتلوين ٨٥ ر . اذا كان للبغال مقدم منته بمستوى ٩٥ ر . اذا كان لها مقدم محذب

٩٩ وحيث انه لا يوجد نظرية كلية كافية للتصرف من المصاب الحقيقية فلا يوجد من باب اولى نظرية للسدود المغمورة اى المصببات التى رأسها اقل ارتفاعاً من سطح ماء الحوض الاسفل وبمقتضى (بند ١٧) والتنبية على انه يوجد معنات بارعوضاً عن حوض به ماء راكد خلف السد يلزم فى معادلة المتصرف الحاصل فى كل متر من عرض المصب وهى

$$ه = م س - س ٢$$

جعل س رمز الى مجموع حدين احدهما بعد رأس المصب عن سطح الماء فى نقطة قريبة من الجهة الخلفية

وثانيهما الارتفاع المنسوب لسرعة التيار فى النقطة المذكورة وينتج ايضا من (بند ١٧) انه اذا لم يكن توازن الحوض الامامى مرتفعاً فوق رأس المصب بكمية اكبر من  $\frac{1}{3}$  س فان مقدار المتصرف ه لا يتغير ويحسب بالقانون المذكور

واذا تجاوز ارتفاع توازن ماء الحوض الاسفل  $\frac{1}{3}$  س ورمز اليه بالحرف د وفرض

وفرض ان للتيار الافقى على رأس المصب الارتفاع  $z$  المذكور لازم  
في هذه الحالة أن تكون سرعة التيار مبينة بالكمية  $\sqrt{2(z - s)}$   
وان المتصرف الحاصل في كل متر من العرض  $\sqrt{2(z - s)}$  يكون مبينا بكمية

ويلزم لتعيين مكرر تصحيح هذا القانون تجارب جديدة

والدوامات ذات المحاور الافقية المتكونة تحت العرق المتصرف في الجهة  
الامامية للمصاب الحادث من حائزها الموجود بالجهة المذكورة مع الافق  
زاوية كبيرة تتلف صلابة هذه السدود متى كانت المياه متكاثرة بدون أن يكون  
فيها كفاية لرفع استوائها في الجهة الامامية فوق رأس السد ومتى كان  
هذا الارتفاع عظيما كان تأثير السقوط قليلا

### الفصل الخامس عشر

في تضاعف الماء والاجسام الصلبة عند تحريكها النفسى

١٠٠ وتعلق الحوادث التي نحن بصدد ها بما يعرف باسم مقاومة السوائل  
والى الآن لم تتم معارف تطبيق الرياضه على الطبيعة في هذا الشأن الا في حالة  
سهلة بسيطة نذكرها فنقول

الحالة الاولى في ضغط عرق مائع على مستو ثابت

١٠١ ليفرض أن تيارا من مائع حيثما اتفق محذوف في الفراغ او في الهواء  
قابل مستويا فجبره على الانحراف

وليسلم على بعد من المستوى أن صورة التيار الخارجية منشورية واسطوائيه  
وان عناصر المائع في هذا الموضع متحركة مع التوازي بسرعة مشتركة وبدون  
تضاعف من نفسها دون ضغط الجوى ولنفرض ايضا أن المستوى ممتد بالكفاية  
بحيث يكون المائع بعد انحرافه متحركا متحركا موازيا لهذا المستوى بسرعة  
واتجاهات ما وعدم تضاعف من نفسها دون ضغط الجوى ثم نفرض أن التيار  
وصل الى حالة الاتظام كما في (بند ١)



اذا تقرر هذا فلنعتبر أن كلا من المقاومات أو الانضغاطات الحاصلة من المستوى  
على النقطة المادية للمائع تكون محاولة الى قوتين احدهما موازية للمستوى  
والاخرى عمودية عليه ينسب جزأها لضغط الجوى والمطلوب مجموع المركبات  
العمودية الباقية الذى هو مجموع مساو ومضاد للضغط العمودى الحادث  
من المائع على المستوى بقطع النظر عن ضغط الجوى  
واما المركبات الموازية للمستوى فانها تحدث احتكاكا بالمائع وليس هنا  
محل تعيينها

ولنعتبر فى وقت ما جزأ من المائع محصورا بين المستوى اب العمودى على  
التيار الاسطوانى وبين السطح الاسطوانى الذى لم يظهر منه فى (شكل ٤١)  
الا الضلعين ح د و م ن والذى يكون المائع بعده متصرفا بالتوازى  
للمستوى المصدوم و ح ويكون هذا المستوى عموديا على مستوى  
الشكل ومحدثا مع الخط الرأسى للزاوية ع وليكن ع رمز السرعة  
المشتركة الثابتة للعناصر المارة بالمستوى اب فبعد زمن صغير نر  
تكون هذه العناصر شاغلة لمستوى مجاور له اب يكون بعده عن  
المستوى المتقدم ع ن وفى الوقت الاخير من الزمن نر تكون العناصر التى  
كانت فى السطح ح د م ن ابتداء على سطح آخر قريب منه ح د م ن  
وعلى ذلك تكون جملة النقط المادية المعتبرة محصورة فى الوقت الاخير من  
الزمن نر بين المستوى اب والسطح ح د م ن ولا تكون هذه  
النقط المادية المحصورة فى الوقت الاخيرين اب و ح د م ن عين النقط  
التى كانت تشغل مواضعها فى الوقت الابتدائى الا انها متحدة معها فى الجسمات  
والسرع بسبب دوام التحرك

وليكن د الزاوية الحادة الحادثة من المستوى و ح ومن اتجاه التيار  
فى موضع القطع اب

وليكن و س رمز المحور ما عمودى على المستوى و ح فيمكن أن يعتبر مجموع  
كميات تحرك الجملة مسقطه على هذا المحور مقسوما فى الوقت الابتدائى الى جزئين  
احدهما مجموع الكميات المنسوبة للمائع المحصور بين اب و اب وهذا  
المجموع

المجموع هو — م ع جاء يجعل م رمز الى الجسم الكلي للجزء المذكور  
وثانيهما مجموع كميات التحرك المسقطه المنسوبة الى العناصر المحصورة بين  
أ ب و ح د م ن و لرمز له بالرمز ك م ع وكذلك يعتبر مجموع كميات  
التحرك المسقطه في آخر الزمن ن منقسما الى جزئين

احدهما المجموع الذي ينسب للمائع المحصور بين أ ب و ح د م ن  
والذي تكون كمية تحركه المسقطه ايضا ك م ع بسبب دوام التحرك ح د م ن  
وثانيهما المجموع المنسوب للمائع الذي يوجد عند تجاوزه للسطح موجودا بين  
هذا السطح وبين السطح ح د م ن وحيث كانت السرعة كلها في هذه المسافة  
موازية للمستوى فرضا تكون مساقطها على المحور و س معدومة فينشئ  
يكون ازدياد كميات التحرك للجملة المسقطه

$$ك م ع - (ك م ع - م ع جاء) أو م ع جاء$$

ولا يمكن الآن و رمزاً للمطلوب من مجموع القوى العمودية الواقعة من  
المستوى و ح على المائع بقطع النظر عن ضغط الجوى وهذه القوى  
موازية للمحور و س

والقوى الاخر الخارجية المؤثرة في الجملة هي

اولا مركبات احتكاك الموازية للمستوى و ح المعدومة المساقط على  
المحور و س

وثانيا انضغاطات الجوى التي مساقطها على محور ما معدومة كما لو كانت  
الجملة أ ب ح د م ن ساكنة

وثالثا القوى الحادثة من الشاقل التي مسقطها على المحور و س يكون  
— ش ج اء يجعل ش رمزاً الى ثقل المائع المحصور بين أ ب و ح د م ن  
فان يحدث من قضية كمية التحرك

$$م ع جاء = ن ش - ش ج اء \dots \dots \dots (١)$$

ويجعل ب رمزاً الى سعة القطع العمودي على التيار الاسطوانى في

أب و ط رمزاً الى ثقل مترمكعب من المائع يحدث -  $X$  ع من النجم  
 أب أب فاذن يكون  $\frac{1}{\gamma} = \frac{1}{\gamma} - ط - ع$   
 فتقول معادلة (١) الى

$$v = ط - \frac{ع}{\gamma} + ث + ج$$

فالجزء ث ج ع المتعلق بتأثير التشاقل هو الضغط الحادث من الجلة  
 أب ح د م ن كما لو تزحلق بدون تغير صورتها مع موازاتها للمستوى  
 ورح ويكون الجزء الآخر من الضغط  $v$  مساوياً لثقل اسطوانة من المائع  
 المذكور قاعدتها القطع - وطول اضلاعها ضعف الارتفاع  $\frac{ع}{\gamma}$   
 المنسوب للسرعة ع وهذه الاضلاع تحدث مع القاعدة زاوية الحادثة  
 من اتجاه التيار مأخوذة في المحل المرموز الى السرعة فيه بالرمز ع ومن  
 المستوى الذي يقابله

١٠٣ فاذا كان المستوى المقاوم قليل الامتداد وحدث من سرعة المائع  
 بعد هذا المستوى ومن العمود وس زاوية منفرجة كما في (شكل ٤٢)  
 كان مقدار القوة  $v$  صغيراً عن الحالة المتقدمة بسبب أن المقدار الجبرى  
 لكمية التحرك المسقط في الوقت الاخير اصغر من مقدارها في الحالة  
 المتقدمة

واذا انجبر التيار بواسطة الحروف المركبة على المستوى المضغوط بالمائع على  
 ارتداده عن المستوى بزوايا حادة مع الخط العمودى كما في الشكل المذکور كان  
 مقدار الضغط  $v$  اكبر من مقدارها في الحالة الاولى وقد اثبتت التجربة هذه النتائج  
 النظرية غير أن هذه النظريات لا تكفى لتعيين شدة الضغط في الحالتين الاخيرتين  
 لان هذه القوة تتعلق بالسرع الباقية بالمائع المرتد بعد المستوى المضغوط

١٠٤ وفي الاوقات الاولى من مقابله المستوى بالعرق السائل اعنى قبل  
 حصول دوام التحرك يكون الضغط كبيراً جداً لان المقادير الحقيقية للسرع  
 في المسافة أب ح د م ن تتناقص تناقصاً سريعاً جداً فنحن نذكر الكمية

السالبة

السالبة كم  $\epsilon$  التي تثبت بعد زمن يسير من الزمن تزيد ازديادا جبريا ويلزم أن يكون ازديادها مدة الزمن  $\tau$  مضافا إلى الطرف الاوّل من معادلة (١) لكن حيث كان قانون تغير هذه الكمية غير معلوم لا يمكن أن يعين الضغط في المدة القصيرة الحادثة قبل دوام التحرك تعيينا نظريا

الحالة الثانية في الضغط الحاصل من مانع دوام التحرك في موصل اسطوانى على مقاومات متنوعة

١٠٥ في الضغط الحاصل على الرقعة د د الرقعة الثابتة العمودية على التيار كما في (شكل ٤٣)

ليكن  $أ ب$  و  $أ ب$  رمزين لقطعي تيار موجودا أحدهما في الجهة الخلفية والاخر في الجهة الامامية من القطع المنظم الطوقى  $أ ب$  مم على ابعاد  $\tau$  كفى وان كانت صغيرة لان يكون تحرك المائع فيها على صورة خيوط متوازية تقريبا فاذا قطع النظر عن احتكاك الحائز وعدم تساوى سرع الخيوط في القطوع  $أ ب$  و  $أ ب$  و  $أ ب$  فانه يمكن اجراء المعادلات المذكورة في (بند ٢ و ٢٣) على الحالة التي نحن بصدد

وبجعل  $\epsilon$  و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  رموزا الى السرع والانضغاطات الحاصلة على كل متر مربع من الثلاثة قطوع المذكورة و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  رموزا لابعاد مرا كرتل القطوع عن مستو ثابت يحدث

من  $أ ب$  الى  $أ ب$  بمقتضى (بند ٢)

$$\frac{\epsilon}{\tau} + \epsilon + \frac{\epsilon}{\tau} = \frac{\epsilon}{\tau} + \epsilon + \frac{\epsilon}{\tau} \quad (١)$$

ومن  $أ ب$  الى  $أ ب$  بمقتضى (بند ٢٣)

$$\frac{\epsilon}{\tau} + \epsilon + \frac{\epsilon}{\tau} = \frac{\epsilon}{\tau} + \epsilon + \frac{\epsilon}{\tau} + \frac{(\epsilon - \epsilon)}{\tau}$$

وبالتبعية على أن  $ع = ع$  ينتج

$$\frac{ض - ض}{ط} + س - س = \frac{(ع - ع)^2}{2} \quad \dots \dots (٣)$$

وقد تعين من ذلك فرق  $ض - ض$  الذي هو فرق الانضغاطات الواقعة على كل متر في القطعين  $أب$  و  $اب$  فيمكن أن تستنتج حينئذ محصلة القوى الحادثة من التيار على وجهي الرقعة  $د د$  وهذه القوى مساوية ومضادة للمقاومات الحادثة من الرقعة المذكورة على المائع

ولاجل ذلك يعتبر في مدة صغيرة ان تقال المائع المحصور في مبداء الامر بين المستويين  $أب$  و  $اب$  فيشاهد أن مجموع كميات التحرك المسقط على محور الانبوبة ثابت فاذن يكون مجموع مساقط القوى الخارجة على المحور المذکور معدوما وتؤول هذه القوى المسقط عند اهمال احتكاك الانبوبة

اولا الى الضغطين  $ض$  و  $ض$  الواقعة على المستويين  $أب$  و  $اب$  المرموز الى سعتهما بالرمز  $س$

وثانيا الى مسقط ثقل الجملة الذي هو  $ط$  ( $س - س$ )

وثالثا الى محصلة القوى الحاصلة من الرقعة على المائع ولترمز الى هذه القوة الاخيرة المؤثرة من الامام الى الخلف بالرمز  $مق$  فيحدث معنا حينئذ

$$ض - ض + ط - (س - س) - مق = ٠ \quad \text{أو}$$

$$مق = ط - (ض - ض + س - س)$$

وبناء على ذلك يحدث بمقتضى معادلة (٣)

$$مق = ط - \frac{(ع - ع)^2}{2} \quad \dots \dots \dots (٤)$$

وليكن  $د$  رمزاً الى سعة الرقعة  $د د$  فتكون سعة المنفذ الطوق وهو  $د$  و  $د$  المحصور بين الرقعة والانبوبة  $د$  فاذا رمز بالحرف  $م$  الى مكبر خاص بالانضمام الحاصل في القطع  $أ م م$  الطوق الذي سعتة  $د$  فانه يحدث



$$\bar{u} = m(- - 5)$$

ويحدث ايضا بسبب عدم قبول المائع للضغط

$$-c = \bar{u} \text{ ومن هنا ينتج } \bar{c} = c \cdot m \left( \frac{\bar{u}}{5} \right) \dots \dots (5)$$

فيتمثل يمكن وضع معادلة (٤) بهذه الصورة وهي

$$(6) \quad \text{مق} = \bar{u} \times \frac{\bar{c}}{72} \times 5 \left( 1 - \frac{\bar{u}}{(1 - \bar{u})m} \right)$$

$$\text{أو مق} = \bar{u} \times \bar{c} \times 5 \text{ يجعل}$$

$$\bar{u} = \bar{c} \left( 1 - \frac{\bar{u}}{(1 - \bar{u})m} \right)$$

فان تكون المقاومة مق الكلية للرقعة مناسبة للثقل النوعي ط للمائع وللسعة 5 من الرقعة وللارتفاع المنسوب للسرعة ع في الانبوبة وللكتلة ك التي لا تتعلق الا بمكرر الانضمام وهو م وبالنسبة 5 لسعة قطع الانبوبة والرقعة

فاذا فرض مثلاً أن  $\bar{u} = 4$  و  $m = 180$  (بالنظر الى كون الانضمام لا يكون حاصل الا حول الرقعة وكون الخيوط منحرفة يسيراً) يحدث

$$\bar{u} = 4 \left( 1 - \frac{4}{180} \right) = 3.89$$

ويمكن أن يسلم على العموم أن م لا يكون متعلقاً بالنسبة  $\frac{\bar{u}}{5}$  فيتمثل اذا كانت الانبوبة والرقعة باقيتين على حالة واحدة وتغيرت السرعة كانت المقاومة مق متناسبة لمربع السرعة واذا تغير السعتان 5 و 5 وكانت باقيتين على نسبتهم كانت المقاومة مق الحاصلة على كل متر مربع من الرقعة مناسبة ايضا لمربع السرعة

١٠٦ ولتبحث الآن عن تعيين الضغط الكلي الحادث من المائع على كل من وجهي الرقعة دد فتقول

حيث أن الضغط الحاصل على كل متر من الوجه الأمامي يختلف قليلا عن ضه فيجعل ضه رمز للضغط الواقع على الوجه المذكور يحدث ضه = د ضه أوانه يحدث باستخراج ضه من معادلة (٢) المقررة في البند المتقدم

$$\text{ضه} = \text{د} \left( \text{ضه} - \text{ط} (\text{سه} - \text{سه}) - ٢ \text{ط} \frac{\text{ع}}{\text{د}} \left( ١ - \frac{\text{ع}}{\text{د}} \right) \right) \quad (٧)$$

وإذا رمز إلى الضغط الكلي الحاصل على الوجه الخلفي من الرقعة دد بالرمز ضه يحدث

$$\text{مق} = \text{ضه} - \text{ضه} \text{ ومن هنا ينتج } \text{ضه} = \text{ضه} + \text{مق}$$

أوانه يحدث بإبدال ضه و مق بمقاديرهما (٧) و (٤)

$$\text{ضه} = \text{د} \left( \text{ضه} - \text{ط} (\text{سه} - \text{سه}) + \text{ط} \frac{\text{ع}}{\text{د}} \left( ١ - \frac{\text{ع}}{\text{د}} \right) \right) \quad (٨)$$

و لم يبق علينا إلا أن نستبدل في المقدارين ضه و ضه الكمية  $\frac{\text{ع}}{\text{د}}$  بمقاديرها المستخرج من معادلة (٥) وهو

$$\frac{1}{\left( ١ - \frac{\text{د}}{\text{م}} \right)} \times \frac{\text{ع}}{\text{د}} = \frac{\text{ع}}{\text{د}}$$

وليستنبه في المعادلتين المذكورتين إلى أن الجزء

$$\text{د} \left( \text{ضه} - \text{ط} (\text{سه} - \text{سه}) \right) \text{ هو ضغط التوازن للرقعة دد}$$

المستخرج من الضغط ضه الحادث على كل متر من القطع أب وقد أطلق المهندس دوبوا في مؤلفه الخاص بلحوظاته المقررة في شأن مقاومة الماء على ضغط التوازن المذكور اسم ضغط السكون

وأطلق على الجزء من المقدار ضه المحتوي على  $\frac{\text{ع}}{\text{د}}$  اسم ضغط الحركة الحاصل

الحاصل على الوجه الخلفى واطلاق ايضا على اللية السالبة فى المقدار ضم  
 المشابهة للكمية المتقدمة اسم لاضاغط على الوجه الامامى من الرقعة فاذا كان  
 مثلا  $\frac{2}{3} = 4$  و  $م = ٨٥$  و  $س = س = س$  يتحصل  
 ضم  $=$  دضم  $-$   $٢ (١ - \frac{4}{٢٥٥}) ط \frac{٢}{٢٢} =$  دضم  
 $- ١١٤ \times ط \frac{٢}{٢٢}$   
 و ضم  $=$  دضم  $+ ٥٧ \cdot (٤ \times ٥٧ - ٢) ط \frac{٢}{٢٢} =$   
 دضم  $+ ١٦ \cdot ط \frac{٢}{٢٢}$

فى الضغط الحاصل على جسم مستدير من جزئه الامامى ومسطح من جزئه الخافى  
 ١٠٧ اذا امكن كفاى (شكل ٤٤) استبدال الرقعة دد لجسم  
 مستدير ينعدم به الانضمام فانه يكفى جعل  $م = ١$  فى الحساب المتقدم  
 فاذن يكون

$$مق = ك ط \frac{٢}{٢٢} \times \frac{٢}{٢٢} = \left( \frac{\frac{2}{3}}{1 - \frac{2}{3}} \right) = ك$$

فاذا جعل مثلا  $\frac{2}{3} = 4$  يكون  $ك = ٤٤$   
 ويمكن فى الحقيقة اقتراب  $م$  من  $١$  فاذا فرض مثلا  $م = ٩٥$   
 يحدث من ذلك

$$ك = 4 \left( 1 - \frac{2 \cdot 94}{193} \right) = ٦٥$$

فى الضغط الواقع من مائع على جسم اسطوانى طوله يساوى نحو ثلاثة امثال قطره  
 ١٠٨ ليفرض لاجل مزيد السهولة أن الانبوبة افقية كما فى (شكل ٤٥)  
 وليكن ع و دمن الى السرعة والضغط الحاصل فى القطع ا ب  
 ولتكن كذلك ع و دمن الى السرعة والضغط الحاصل فى القطع ا ب  
 رموز الى الكميات المشابهة للمتقدمتين فى القطوع ا ب و ا ب و ا ب

فيحدث بتطبيق القواعد المتسوية لتغيرات القطوع في الانابيب.

اولا

من أ ب الى أ ب

$$\frac{ض_ط - ض_ع}{ط} = \frac{ض_ع - ض_ع}{ط}$$

وثانيا

من أ ب الى أ ب

$$\frac{ض_ط - ض_ع}{ط} + \frac{ض_ع - ض_ع}{ط} = \frac{ض_ط - ض_ع}{ط}$$

وثالثا

من أ ب الى أ ب

$$\frac{ض_ط - ض_ع}{ط} + \frac{ض_ع - ض_ع}{ط} = \frac{ض_ط - ض_ع}{ط}$$

فجميع هذه المعادلات والتنبيه على أن ع = ع يحدث

$$\frac{ض_ط - ض_ع}{ط} + \frac{ض_ع - ض_ع}{ط} = \frac{ض_ط - ض_ع}{ط}$$

ثم اننا اذا رمزنا بالرمز مق الى محصلة القوى الحادثة من الجسم الاسطوانى

على المائع واجرينا ما تقدم فى (بند ١٠٦) يحدث

$$\text{مق} = ط - \left( \frac{ض_ط - ض_ع}{ط} \right)$$

$$\text{أو مق} = ط - \left( \frac{ض_ط - ض_ع}{ط} + \frac{ض_ع - ض_ع}{ط} \right)$$

لكنه يحدث بمقتضى ما تقررى فى (بند ١٠٦) ايضا

$$ع = م - ( - - ) = ع - ( - - )$$

وبناء على ذلك يكون

$$\text{مق} = ط - \frac{ع}{ط} \text{ يجعل}$$

$$ك = \left( 1 + \left( 1 - \frac{1}{ط} \right) \left( \frac{ع}{ط} \right) \right) \frac{ع}{\left( 1 - \frac{ع}{ط} \right)}$$

فاذا

فإذا كان مثلا  $\frac{4}{9} = \frac{4}{9}$  و  $m = 80$  يكون

$$\frac{4}{9} = \frac{4}{9} (1 + \frac{1760}{100}) = \frac{4}{9} \times 1.176 = 0.527$$

في الضغط الحاصل على الاسطوانة المتقدمة مصحوبة بمقدم

١٠٩ إذا كان للاسطوانة المذكورة مقدم يقرب المكرر  $m$  من الواحد نقص مقدار  $\frac{4}{9}$  المتقدم وليكن  $m = 90$  و  $\frac{4}{9} = \frac{4}{9}$  فيحصل

$$\frac{4}{9} = \frac{4}{9} (1 + \frac{17}{19}) = 0.563$$

الحالة الثالثة في الضغط الحاصل من مائع غير محدود على مقاومات متنوعة ثابتة في حالة التحرك المنتظم

١١٠ ويظهر مما ذكر في (بند ١٠٦) وفيما بعده من البنود أن لصورة الاجسام المغمورة في مائع تأثير في الانضغاطات الواقعة عليها من الموائع لكن لا يمكن استعمال هذه النظرية إذا كانت ابعاد الجسم صغيرة بالنسبة لقطع التيار وفي هذه الحالة لا يوجد قطع طوقى منضم مثل  $AB$   $m$  الذي يمكن أن يسلم فيه ان للخيوط سرعا متساوية ومتوازية تقريبا وضغطا متوسطا مساويا للضغط الشيمية الامامية

وفي هذه الاحوال يكون للخيوط المحولة عن اتجاهاتها الاصلية تحركا عجل منحن وقتي ومنجل واما الخيوط الاخر المتباعدة من الرقعة فتبقى على تحركها المنتظم المستقيم ومن ذلك ينتج أن الضغط الحاصل على الوجه الخلفي من المستوى  $DD$  كافي (شكل ٤٦) يكون اكبر من ضغط التوازن بخلاف الضغط الحاصل على الوجه الامامي فانه يكون صغيرا عنه

وقد دلت التجربة على أن صورة الخيوط باقية على حالة واحدة تقريبا في جسم معلوم عند تغير السرعة فتنتج من ذلك أن تغيرات الضغط الحاصلة في جهتي الخلف والامام بمقتضى قانون القوة العمودية في التحرك المنحني مناسبة لمربع السرعة تقريبا

وقد دلت التجربة ايضا على انه متى كانت عدة اجسام صلبة متشابهة في الصورة



والوضع مغبورة في تيار غير محدود كان للخيوط المنحنية صور متشابهة  
فيمكن أن يستنتج من ذلك أن الانضغاطات الخاصة بكل متر في النقط  
المتناظرة واحدة

وبالجملة فنوع هذه الحوادث صعب بسبب تركيبه فلا يتعجب من كونه لم يوضع  
له الى الآن نظرية كافية ولاندكر من هذه الحوادث هنا الا اهمها نفعا

١١١ وقد علمت التجارب بكيفيتين احدهما كانت الاجسام فيها متحركة  
تحركا منتظما في حوضين كبيرين من الماء الراكد والثانية كانت الاجسام  
فيها ساكنة في منتصف التيار وكان ينظر انه يمكن تحصيل انضغاطات واحدة  
حتى كانت سرعة الاجسام في الحالة الاولى كسرعة التيار في الحالة الثانية  
في موضع انغمار الاجسام وقد اثبت المهندس دوبوا بالتجارب أن ذلك خطأ  
اذا علمت التجربة في نهير متوسط المقدار عوضا عن أن تعمل في تيار غير محدود  
لانه وجد أن الضغط المتحصل يكون كبيراً في التيار عما لو كان  
في مائع ساكن غير انه اخطأ في التعبير بقوله انه يظهر من الماء في حالة السكون  
كثير من السهولة للانقسام وبناء على ذلك تكون المقاومة صغيرة عما لو كانت  
في حالة التحرك لان قاعدة التحرك النسبية التي هي احدى القواعد الاصلية  
من علم التحرك لا تجوز هذا التعبير متى كان الجسم الكلي للماء الحاصل  
فيه انغمار الجسم تحرك انتقالى واحد غير أن هذا الشرط لا  
يتم في المجارى التي عملها المهندس دوبوا التي كانت فيها سرعة  
الخيوط متغيرة مع الاتقص من ابتداء منتصف سطح التيار الى محيط  
المركب وفي ذلك كفاية لابطال ما زعمه المهندس دوبوا لانه اذا فرض جسم  
ثابت مغبور على بعد صغير من منتصف السطح الذي هو موقع النهاية  
الكبرى لسرعة التيار كما في (شكل ٤٧) وفرض أن ع هي  
سرعة خيط اتجاهه الاصلى مارا بمنتصف الجسم الثابت فلا تتغير  
السرعة النسبية اذا تصورنا أن للجسم سرعة ع في جهة مضادة للتيار  
وطرحنا السرعة المذكورة من سرعة كل خيط فان الخيط

المركزي يؤول بهذا الداعي الى حالة السكون لكن الخيوط التي كان لها سرعة اصغر من السرعة ع يكون لها من الآن فصاعدا السرعة ع - ع في الجهة المضادة اعني في الجهة التي يتحرك فيها الجسم المغمور لكن السرعة ع - ع المذكورة التي تزداد من ابتداء الجسم الى المرقدة تقاوم تحرك المائع الذي يضطر عند ما يكون شاغلا للمسافة التي قطعها الجسم الصلب في تحركه ان يخرج من حالة السكون جزأ بعد جزء بالتوالي لينتقل من الامام الى الخلف وبناء على ذلك يلزم أن نوقع على الجسم المذكور لاجل أن يكون منتظم التحرك دائما قوة اكبر منها فيمالو كان المائع كله ساكنا ما عدا ما جاور الجسم

١١٢ قد ادخل المهندس دوبوا في التجربة اولا ثلاثة منشورات او ثلاثة اشكال متوازية السطوح قائمة قاعدتها الرأسية العمودية على اتجاه التحرك مربع قدر ضلعه ٢٠ ر ٣٢٥ وطوله الموازي للتيار ٢٠ ر ٠٠٩ وثانيها ٢٠ ر ٣٢٥ وثالثها ٢٠ ر ٩٧٥ وقد اثبتها المهندس المذكور في تيار قدر سرعته ٢٠ ر ٩٧٥ في محل انغمار المنشورات المذكورة

وبحث المهندس المذكور عن تعيين الانضغاطات الواقعة على نقط وجهي الخلف والامام ثم بحث عن تعيين مقاديرها المتوسطة واستعمل في ذلك ميزان ضغط لا يتحقق به تعيين المقادير المتوسطة ولجعل د رمزا الى سعة القواعد و د رمزا الى عمق الماء فوق مراكزها و ع رمزا الى السرعة في هذا الموضع و ط رمزا الى ثقل كل متر مكعب من الماء و ضه و ضه رمزين الى الضغطين الكليين الحاصلين على وجهي الخلف والامام (بقطع النظر عن ضغط الحق) و مق رمزا الى محصلة الضغطين المذكورين فيكون

$$\text{ضه} = طه د + ك' \times طه \frac{ع}{٢}$$

$$\text{ضه} = طه د - ك' \times طه \frac{ع}{٢}$$

$$\text{ومنها ينتج مق} = \text{ضه} - \text{ضه} = (ك' + ك') طه \frac{ع}{٢}$$

وقد وجد المهندس دوبوا المذكور للمنشورات الثلاثة ك' = ١٩ ر ١

واما ك' الذي هو المسمى المنسوب للضغط الذي اطلقنا عليه اسم

لاضاغط فقد وجدته متغيرا فكان مقداره ٧٦ ر. في الرقعة التي هي المنشور  
الاول و ٢٧ ر. في المكعب و ١٥ ر. في منشور طوله ثلاثة امثال  
ضلع المكعب وعلى ذلك فالمكرر  $ك + ك$  المتعلق بحصيلة الضغط يكون  
في الاحوال الثلاثة ٨٦ ر. و ٤٦ ر. و ٣٤ ر.

ووجد المهندس دوبا المذكور عند تحرك الرقعة في مائع ساكن  
أن  $ك = ١$  و  $ك = ٤٣$  ر.

فظهر أن هذه المكررات تتغير مع السرعة وجعل المهندس المذكور للمكعب  
والمنشور بحسب رأيه  $ك = ١٧$  و  $ك = ١٠$  ر.

وحينئذ يحدث معنا للرقعة والمكعب والمنشور  $ك + ك =$

٤٣ ر. و ١٧ ر. و ١٠ ر.

الحالة الرابعة في الاجسام الطافية المنشورية ذات المقدم والمؤخر  
١١٣ اذا جعل  $ك$  رمز الى سعة الجزء المغمور من القطع العمودي  
للمنشور كان قانون المقاومة بمقتضى التجربة ايضا

$$مق = ك ط \frac{٢٤}{٢}$$

فاذا كان مقدم المنشور مستطيلا وكان طوله من ثلاثة الى ستة  $٧$  ر.  
فعندما يتحرك الجسم في مائع ساكن يحدث تقريبا

$$ك = ١٠ ر.$$

ويمكن أن يتحصل بواسطة مؤخر حاد بالكفاية

$$ك = ١$$

واذا كان للسفينة المنشورية مقدما حادنا اقامن مستويين راسيين تحدييهما  
مساو لعرض السفينة او من سطح اسطوانى رأسى قاعدته نصف دائرة فان  
المقاومة تؤول الى نصف ما تقدم تقريبا الى أن

$$ك = ٥٠ ر.$$

فاذا كانت قاعدة المقدم مثلثا تحدييه ضعف عرض السفينة فان

ك

$$L = 0.4$$

وإذا كان المقدم الحادث من امتداد وجهي السفينة الجانبين المقطوعين من الاسفل بمستوي محدثا مع الافق ثلث زاوية قائمة فإن المقسومة تؤول الى ثلث مقدارها اي الى  $L = 0.33$ .

### في الاجسام التي على صورة السفن

١١٤' اذا استعمل القانون المتقدم الذي فيه  $\phi$  رمز الى سعة الجزء المغمور من القطع الاكبر للسفينة امكن أن يتحصل على رأي المهندس ناثير لمقدار  $L = 0.16$  وعلى رأي المهندس بونسليه  $0.22$ .

### في السفن ذات المقادير والماء غير المنفرجة الجارية في الخليجان

١١٥ قد أجرى المهندسان دو بويسون ومنيس تجربة على سفينة جارية في خليج من خليجان فرانساً قطعها  $\phi = 0.84$  وسرعتها  $0.8168$  وحينئذ يكون  $\frac{C}{P} = 0.34$  فحدث لهما من هذه التجربة بواسطة قانون مق  $L = \frac{C}{P}$  المتقدم أن مق  $= 120$  كيلوغراما وبناء على ذلك يكون  $L = \frac{120}{0.34 \times 684} = 0.516$  وحيث كان قطع الخليج  $= 26,000$  ينتج أن  $\frac{C}{P} = 3,88$  ولاجل مطابقة هذا الناتج التجريبي لقانون (بند ١٠٨) يكفي جعل  $m = 0.923$  أو  $\frac{1}{m} = 1.08$  فحينئذ تكون صورة مقدار المكرر  $L$  في مثل هذه الاحوال

$$L = \left( \frac{1}{1 - \frac{C}{P}} + 1 \right) \cdot 0.069$$

### الحالة الخامسة في انبوبة ميتو

١١٦ اذا غمر في الماء انبوبة مفتوحة من طرفيها ومعوجة بحيث يكون طرف شعبتها الافقية مقابلاً للتحرك النسبي للمائع كما في (شكل ٤٨) فإن المائع يرتفع في الانبوبة فوق السطح الاعلى  $\phi$  الى ارتفاع  $\phi$  كان يظن انه مساو للارتفاع  $\frac{C}{P}$  المنسوب للسرعة النسبية وقد وجد

المهندس دوپوا عند تحرك الأنبوبة من الصفيح مقدار قطرهما الخارج ٤ ر ٣٠  
وطول شعبتها الافقية ٣٥ ر ٢٠ وكانت هذه الشعبة مغمورة بقدر ١ ر ٤٠  
تحت توازن الماء الاكد أن النسبة السكائنة بين د و  $\frac{٢٤}{٢٣}$  متغيرة مع  
السرعة كما هو موضح بهذا الجدول

سرعة ..... ٧٨ ر ٠ و ٠٨ ر ٢١ و ٨٠ ر ٢١

نسبة د الى  $\frac{٢٤}{٢٣}$  ..... ٢٢ ر ٢١ و ١١ ر ١١ و ٠٣ ر ١

ولا يمكن حينئذ الاعتماد على هذه الآلة في قياس السرعة النسبية وانما يمكن  
أن يعين بهام مقدار تقريبي للسرعة المذكورة

ووجد المهندس دوپوا المذكور ايضا انه اذا وضعت انبوبة مستقيمة رأسية  
مفتوحة الطرفين في تيار كما في (شكل ٩٤) فان رأس عمود الماء الموجود في  
الانبوبة ينخفض عن توازن الماء المحيط بالانبوبة المذكورة

وذلك حادث من انحناء الخيوط وازدياد سرعتها لتمر من تحت الانبوبة وقد اخطأ  
المهندس دوپوا في قوله أن ارتفاع العمود الداخل يدل على ضغط الماء في المستوى  
الافقي المار بالطرف الاسفل من الانبوبة وبني على هذا الزعم قاعدتين غير  
منضبطتين وهما انه يحدث من المائع المتحرك تحركا مستقيما في خليج على جانبي  
هذا الخليج انضغاطات اصغر من الانضغاطات الحادثة منه لو كان ساكنا وان  
سطح التيار يكون محدبا عرضيا



## في الطارات المائية

### الفصل الاول

#### تعريفات عامة تتعلق بالآلات

١١٧ الآلة على العموم عدة اجسام اوجله اجسام مادية تحدث ببعض نقطها في بعض اجسام خارجة عنها <sup>أ</sup> قوى معينة بسرعه معلومة شدة واتجاها بواسطة اجسام اخر خارجة <sup>ب</sup> محدثة لبعض نقط اخر من الآلة المذكورة قوى مغايرة في العادة للقوى المتقدمة بشدة وسرعة نقط وقوعها

١١٨ ويطلق تأثير الآلة على شغل القوى الحادثة منها المؤثرة في الاجسام الخارجة <sup>أ</sup> ويكون هذا الشغل على العموم موجبا وقد لا يكون سالبا كما اذا استعمل العيار لنزول بعض الثقلات من اى ارتفاع مع البطئ وكما اذا استعمل البخار في بعض الاحيان لتعطيل السرعة المكتسبة لسكة من العربات

وقد يحدث للآلة من مقاومة الاجسام <sup>أ</sup> الخارجة المعدة هي للتأثير فيها شغل سالب او مقاوم ويمكن أن يطلق على هذه المقاومة اسم المقاومة المقصودة لاجل تمييزها عن القوى الاخر ذوات الشغل السالب الحادث من الاحتكاكات ومن التحركات الحادثة من غير نفع للهواء وللاجسام المحيطة بالآلة ومن تأثير اجزاء الآلة في بعضها وهذه القوى المتنوعة الحادثة من طبيعة الاجسام التي لا يمكن اجتناب شغلها السالب غير المقصود اجتنابا كليا هي المعروفة باسم المقاومة غير المقصودة وقد اطلق بعض المؤلفين على المقاومة المقصودة اسم المقاومة المفيدة وعلى المقاومات الاخر اسم المقاومات غير المفيدة

١١٩ الاجسام <sup>ب</sup> المتقدمة في (بند ١١٧) المؤثرة في الآلة لاجل حصول اودامة تحركها عند وقوع تأثير المقاومات المتنوعة عليها هي التي يتكون منها محرك الآلة وتخصص في وظيفتها هذه بكتيفيتين احدهما أن تنفذ

بحر آمن السرعة التي تكون لها (مثال ذلك طواحين الهواء وبعض طارات مائية  
يؤثر فيها الماء باصطدامه)

والثانية أن توصيل توصيلا كلياً أو جزئياً إلى الآلة القوى التي اكتسبتها من  
التثاقل أو من مرونة السوائل أو من مرونة الجوامد أو من فعل اعصاب  
الحيوانات (مثال ذلك الطارات المائية المتحركة بثقل الماء والآلات  
المتحركة بالخيار أو بالزنبركات أو بالحيوانات)

١٢٠ وحديث كانت الآلة مركبة من جملة نقط مادية واقع عليها تأثير قوى  
خارجية وتأثيرات عنصرية تكون القواعد العامة لتحرك مثل هذه الجملة  
جارية في كل آلة

وليكن شـ رمزاً إلى الشغل الكلي للقوى الحادثة من المحرك مدة زمن معين  
و شـ رمزاً إلى الشغل الكلي الذي اطلق عليه فيما تقدم اسم تأثير الآلة  
فيكون — شـ حينئذ رمزاً إلى شغل القوى المكونة للمقاومة  
المقصودة المؤثرة في الآلة

وليكن — شـ رمزاً إلى الشغل الكلي للمقاومات غير المقصودة مدة  
الزمن المذكور وهو شغل منسوب لاحتكاكات وارتجاجات الاجسام المحيطة  
ولا احتكاكات الآلة وتغير صور اجزائها

وليكن ث أو م رمزاً إلى ثقل نقطة مادية من الآلة و ج و ع  
رمزين إلى سرعتيها الابتدائية والانهائية في الزمن المعتبر و ث رمزاً  
إلى الثقل الكلي للآلة و ب و د رمزين إلى الرأسين الابتدائي  
والانهائي لمركز ثقل الآلة المذكورة تحت مستويًا أفقيًا ثابت  
فينتج من القضية العمومية المتعلقة بتأثير شغل القوى هذه المعادلة

$$\frac{1}{2} كم ع^2 - \frac{1}{2} كم ب^2 = ش - ش - ش + ش (د - ب)$$

ومنها يحدث تأثير الآلة

$$ش = ش - ش + ش (د - ب) - \left( \frac{1}{2} كم ع^2 - \frac{1}{2} كم ب^2 \right)$$

وهذا

وهذا قانون سهل التعبير

١٢١ فالحد  $\frac{1}{2}$  شـه يزداد في القانون المذكور الى غير نهاية مع الزمن الذي يعتبر فيه تحرك الآلة وكذلك يزداد الحد  $\frac{1}{2}$  شـه مادام يقع على الآلة مقاومة مفيدة اى مادامت لا تدور على الفارغ واما حد  $\frac{1}{4}$  كم عـ<sup>١</sup> فانه يصل سريعا الى مقدار لا يتجاوزه ومتى وصل اليه فانه لا يتغير في الغالب الا قليلا بالابتداء من وقت وصوله الى هذه الغاية فاذا حسب بالابتداء من هذا الوقت أو بعده الزمن الذي ينسب اليه القانون المتقدم فان فرق  $\frac{1}{4}$  كم عـ<sup>١</sup> —  $\frac{1}{4}$  كم عـ<sup>٢</sup> يكون متغيرا قليلا بين مقادير صغيرة يؤول امرها الى أن تكون مهملة بالنسبة للكميتين شـه و شـه المتزائدين ومن هذا القبيل الحد ث (د — ب) المنسوب لهبوط مركز ثقل الآلة ما لم تكن هذه الآلة انتقالية كعربة بخارية فان المقدار الحقيقي لهذا الحاصل يضاف في هذه الحالة الى الشغل شـه اذا هبط مركز الثقل ويكون مضافا الى شـه اى الى شغل المقاومات المضرة اذا صعد مركز الثقل وحينئذ اذا حسبت حدود المعادلة المتقدمة بين وقتين متباعدين عن بعضهما بالكفاية فانه يمكن أن تؤول هذه المعادلة على وجه تقريبي جدا الى هذا القانون البسيط وهو

$$\text{شـه} = \text{شـه} - \text{شـه}$$

وهو قانون شهير لا سيما بسبب كون القوى المؤثرة في الآلة لا تظهر فيها مع الامتياز لكنها تكون فيها ممزوجة بالمسافات التي قطعها نقط وقوعها وقد اطلق المهندس كورياليس على الخاصية الموجودة في منطوق المعادلة اسم قاعدة توصيل الشغل

١٢٢ ويستخرج من ذلك نتيجة مهمة وهي أن الشغل المفيد الحادث من آلة يكون دائما اقل من الشغل الواصل لها من المحرك

١٢٣ اذا امكن فرض آلة مجردة عن الاحتكاك وغير واقع عليها مقاومة ما غير التأثير المفيد (وهو فرض سلمه المؤلفون في بعض الاحيان بل بكثرة في المباحث النظرية والآلات وذلك غير جائز) فان معادلة توصيل الشغل تؤول الى

وقد أسس العامة على هذه المعادلة القاعدة المستعملة عندهم وهي أنه بواسطة الآلة يكتسب من السرعة بقدر ما يفقد من القوة والاصوب أن يقال إن ما يفقد من القوة أكثر مما يكتسب من السرعة وذلك هو معنى التنبية المذكور في (بند ١٢٢)

١٢٤ وينبغي لمزيد إيضاح التعريفات المتقدمة أن لا يقصد بلفظ تأثير الآلة إلا المعنى المبين في تعريف (بند ١١٨) وأنه لا ينبغي التباس هذا الشغل بالشغل الذي يمكن أن يطلق عليه بالخصوص اسم التأثير المفيد للآلة مثلاً إذا كانت الآلة من آلات غرس الخوازيق واعتبر المكبس من ضمنها فإن تأثير هذه الآلة المفيد ليس إلا غرس الخوازيق الذي يحتاج بالضرورة شغلاً مساوياً لشغل الاحتكاك وشغل مقاومة الأرض وأما تأثير الآلة فإنه يتضمن زيادة على ذلك الشغل المستعمل بلا فائدة لتغير صورة رؤس الخوازيق واحتياج الأرض على إبعاد عظيمة من محل الغرس وإذا كانت الآلة من آلات رفع المياه كالطلبية فإن الشغل المفيد لا يكون في هذه الآلة إلا النزاع كمية من الماء إلى ارتفاع محصور بين توازن الماء في الحوضين وهذا النزاع يحتاج بالضرورة لشغل مساوٍ لثقل الماء المرفوع مضروباً في الارتفاع المذكور وأما تأثير الآلة فهو الشغل الحادث من مكبس الطلبية على المائع المماس ويحتوى زيادة عن ذلك على الشغل المنسوب لمقاومة الانبوبة وعلى السرعة الحادثة للماء وهذا الشغل يتعلق بطول الانبوبة وبقطرها

١٢٥ الآلة هي في العادة مركبة من أجزاء كثيرة متميزة إلا أنها مرتبطة ببعضها وأحد هذه الأجزاء المسمى بالقابل هو الذي يقع عليه تأثير الحركة وأما الأجزاء الأخرى المسماة بأعضاء التوصيل فإنها موجودة بين القابل والأجسام التي يقع عليها تأثير الآلة انظر (بند ١١٧)

١٢٦ ويمكن اعتبار كل جزء من آلة مركبة آلة لها محرك ومقاومة

مقصودة والواقع غالباً في حساب آلة أن يتبدء من القابل إلى أن ينتهي إلى جزء يسمى ما يليه من بقية الاجزاء صانعا وظائفه معينة بالتجربة التي تدل ايضاً على السرعة الموافقة لبعض نقط منه وعلى شدة القوى التي يلزم توصيلها إلى النقط المذكورة لاجل أن يكون الصانع المذكور مؤثراً بالانتظام

١٢٧ ولنشغل فيما سيأتي بالكلام على الالهم من انواع القوابل المائية التي هي آلات معدة لقبول تأثير الماء المعتبر محركاً ويجب أن يفهم من ذلك أن الشغل الكلي الحادث من القوى على الآلة بواسطة الماء المحرك موجب ولو كان الشغل الجزئي لبعض من القوى المذكورة سالباً لأن الماء يحدث في الغالب انضغاطات مقاومة على بعض اجزاء من الاواني المحتوية عليه في الطارات المائية

١٢٨ الماء المؤثر على قابل ما يرد من خليج او من حوض علوى كما في (شكل ٥٠) وينصب في خليج آخر او حوض سفلى وليكن  $\gamma$  فرق توازن الماء في الحوضين مأخوذاً في النقطتين  $\alpha$  و  $\beta$  القريبتين من القابل وهذا الفرق هو المعروف بارتفاع السقوط

وليكن  $\theta$  ثقل الماء المتصرف في الثانية الواحدة و  $s$  سعة قطع التيار الخلفي في  $\alpha$  ب و  $\gamma$  سرعة هذا التيار في القطع المذكور و  $f$  رمزاً إلى  $\alpha$  ج الذي هو بعد مركز ثقل  $\gamma$  عن السطح الاعلى للتيار المذكور  $\theta$  و  $\gamma$  و  $f$  الكميات المشابهة للمتقدمة في القطع  $\alpha$  ب الامامي ولنعتبر جلة الماء المحصور بين المستوي  $\alpha$  ب و  $\alpha$  ب و رمزاً بالرمز  $\gamma$  إلى الزمن الذي تنتقل فيه الجلة المذكورة من هذا الوضع إلى وضع آخر قريب منه فيكون ازدياد الحدة في الزمن  $\gamma$

$$\frac{1}{\gamma} = (\gamma' - \gamma'')$$

ويكون هذا الازدياد مساوياً للشغل القوى الخارجة وشغل التأثيرات المادية



والقوى الخارجة هنا هي

أولا الضغط الخلفي الذي تكون شدته  $P$  - بقطع النظر عن ضغط الجو ويكون شغله طرف ع أو  $\dots\dots\dots$  ش ف  
وثانيا الضغط الامامي الذي يكون شغله مساويا  $\dots\dots\dots$  ش ف  
وثالثا تأثير التناقل الذي يكون شغله مساويا  $\dots\dots\dots$  ش  $(d + F - F)$   
ورابعا التأثيرات الحادثة من القابل على المائع التي هي مساوية ومضادة للانضغاطات الحادثة من المائع على القابل المذكور فاذا رمز لشغل هذه الانضغاطات في الثانية الواحدة بالرمز  $ش$  فان شغل القوى الحادثة للماء من القابل مدة  $س$  يكون مبينا بكمية  $ش \times س$   
فجمع هذه الكميات الاربع واذقتها الى مجموع شغل التأثيرات العنصرية للمائع بين  $أ ب$  و  $أ ب$  وشغل الاحتكاكات الخارجة الحادثة على المائع المذكور وهو مجموع نبيته بالرمز  $ش$  -  $ش$  يحدث بعد حذف  $ش$  واختصار الحدود التي تعدل بعضها

$$ش = \left( \frac{P}{g} - \frac{P}{g} \right) = ش - ش - ش$$

ومن هنا ينتج

$$ش = ش (د + \frac{P}{g} - \frac{P}{g}) - ش$$

فيشاهد أن الشغل المحرك وهو  $ش$  الواصل الى القابل في الثانية الواحدة يكون دائما اقل من

$$ش (د + \frac{P}{g} - \frac{P}{g})$$

وهذه الكمية التي يميل فيها عادة الجزء  $ش \left( \frac{P}{g} - \frac{P}{g} \right)$  هي المعروفة باسم الشغل الحقيقي للسقوط الذي يكون متصرفه  $ش$  كيلو غراما في الثانية الواحدة وارتفاعه  $د$  مترا ونرغمز الى الشغل المذكور بالرمز  $ش$  وبذلك يمكن وضع المعادلة المتقدمة بهذه الصورة

ش

$$\text{ش} = \text{ش} - \text{ش}$$

## الفصل الثاني

في الطارات التحتية ذات الكفات المستوية المحكمة الوضع في مدار

١٢٩ هذه الطارات هي المينة صورتها (في الشكل ٦٨ و ٦٩) فالشكل  
الاول بين قطعها بمستوع ود على محورها والثاني يدل على منظرها العرضي  
وقطع مدارها وهي تتركب من تاج مستدير  $\alpha$  مرتبط بالسهم بواسطة اذرع  
ح ح ..... وحامل للكفات د د ..... فالماء ينحدر  
على الكفات من المنفذ م م ومن تأثرها بالماء تدور على محورها ب في المدار  
ه ه ويغلق المنفذ باب يقال له باب الصرف ف ف وبهذا الباب ايضا يعاير  
المتصرف كما يراد في شاهد كما هو مبين في الشكل أن توازن الماء في الحوض الاعلى  
المسمى بحوض الصرف هو د د والخليج ل ل يسمى بخليج التصريف وتوازن الماء  
فيه د د

ولاجل استكمال نظرية هذه الطارات يلزم أن نبين جميع احوال مرور الماء  
بين الكفات ولنبدء ببيان الالهم من هذه الاحوال فنقول  
اولا أن الماء يرد من الخلف تيارا افقيا كما في (شكل ٥١) قطعه مستطيل  
وارتفاعه وهو  $\alpha$  يرمز له بالرمز  $\alpha$  والى عرضه بالرمز  $\beta$  وجميع خيوط  
التيار المذكور سرعة مشتركة تقريبا نرسم لها بالرمز  $\epsilon$  بحيث يكون  
المتصرف ه ه للتيار في الثانية الواحدة

$$\text{ه} = \text{ل} \times \epsilon$$

وثانيا من وقت دخول احد الكفات في التيار تكون المسافة المحصورة بين هذه  
الكفة والتي تليها في التحرك مكونة لانية بدخل المائع فيها بواسطة التحرك  
النسبي الى أن تصل الكفة الثانية بالمدار (ماغد المسافة الكائنة بين محيط  
الكفات والمدار المعروفة باسم المفوت) فيكون مدخل الماء في الانية مغلوقا تقريرا

وثالثا يمكن أن يكون في هذا الوقت مخرج الماء في جهة الامام مفتوحا وذلك  
يكون حاصل اذا كان الجزء الاسطواني للمدار اطول اقل من المسافة التي بين  
الكفتين المتتاليتين او كان قاع المدار مستويا وعماسا للاسطوانة المتكونة من  
دوران الاحرف المتطرفة للكفات ويؤخذ من ذلك أن المدخل والمخرج  
يكونان مفتوحين معا مدة من الزمن في انية واحدة وهذا خطأ بين حيث يكون  
جزء من التيار مارا من تحت الطارة بدون أن يؤثر فيها

ورابعا اذا كان الجزء الاسطواني للمدار يفوق مسافة كفتين متتاليتين وكان  
المفتوح صغيرا جدا بقيت الانية مغلوقة مدة زمن وان كان صغيرا الا انه يكفي لان  
يؤول الماء فيه المنظروف في الانية الى سرعة متوسطة مساوية لسرعة الكفات  
وفي هذه الحالة يستوى الماء في الانية تقريبا وهذا يمكن حساب الارتفاع ف  
الذي هو بعد السطح الافقي عن قاع المدار فاذا رمز بالرمز  $و$  الى سرعة  
الكفات في منتصف هذا الارتفاع فان متصرف الماء في الثانية الواحدة  
يكون يقطع النظر عن سمك الكفات  $ل$  في  $و$  ويجعل  $د$  رمزا الى بعد  
الكفات من وسط الى آخر  $ك$  رمزا الى سمك كل كفة يكون المتصرف  
مع مزيد الضبط

$$ه = ل \cdot و \cdot \frac{د}{ك}$$

ونخرج هذه المعادلة بمعادلة ه = ل د ع يحدث

$$ف = د \cdot و \cdot \frac{د}{ك} \times \frac{ع}{ل}$$

فاذا كان مثلاً

$$د = \frac{1}{11} و = ع = ٢ ه$$

ينتج

$$ف = د \cdot و \cdot \frac{د}{ك} \times \frac{ع}{ل} = ٢ \cdot ٢ = ٤$$

ونحاسبها حيث انه يكون للماء بالابتداء من الوقت الذي تفارق فيه اولى  
الكفتين المتتاليتين المدار سرعة مساوية لسرعة الكفات يستمر الماء المذكور بها

علي

على سيره الافقى ويخرج بناء على ذلك من الطارة بتأثير السرعة المذكورة من غير احتياج الى أن يترك له سقوط في جهة الامام ويمكن أن يكون التحرك الافقى للماء معطلا بالتحرك المستدير للكفات اذا كانت مستويا تمامرة بمحور الطارة غير انه يمكن تصغير هذا المعطل بجعل قطر الطارة عظيما

وسادسا المحل الذى يفترق فيه التيار عن الطارة بالسرعة  $\vec{v}$  المختلفة قليلا عن السرعة  $\vec{u}$  و اذا رمز فيه بالرمز  $\vec{d}$  الى  $\vec{AB}$  الذى هو ارتفاع سطح الماء فوق قاع المدار حدث

$$h = d \cos \theta$$

ومنها ينتج  $\vec{d} = \frac{h}{\cos \theta}$  وهو يختلف قليلا عن الكمية  $\frac{h}{\cos \theta}$

وسابعيا ينشأ بالابتداء من  $\vec{AB}$  عن وضع خليج التصريف وعن وضع توازن الماء في الخوض الاسفل بالتقرب من الطارة احوال متنوعة يلزم بيانها وذلك لانه يمكن وصول الماء الخارج من الطارة الى الخوض الاسفل اما بانحدار محسوس أو غير محسوس أو بعكس الانحدار أو بتودفعي

١٣٠ ولنعتبر الآن ما يعترى التيار بالابتداء من المستوى  $\vec{CD}$  الذى هو محل مدخله فى الطارة الى المستوى  $\vec{AB}$  الذى هو محل مخرجه منها انظر (شكل ٥١) ونبحث عن تعيين الشغل الكلى الحادث فى الثانية الواحدة من التأثيرات او الانضغاطات الحادثة من الماء على الطارة متى وصل تحرك كل من التيار والطارة الى الحالة الدورية الانتظام ومدة الدورة هنا تساوى الزمن  $\vec{t}$  الصغير جدا الذى تقطع فيه الكفة المسافة التى بين كفتين متتاليتين

ولا جيل بسهولة ذلك تقطع النظر عن سمك الكفات وزاويتها المتغيرة مع الخط الرأسى ونفرض أن السرعة المتوسطة للماء عند خروجه من الطارة تكون مساوية لسرعة الكفات المأخوذة فى منتصف جزئها المغمور بالماء ثم تقطع النظر عن الاحتكاكات الحادثة للمائع من المدار وليكن  $\vec{v}$  رمز الى سرعة خروج الماء من الطارة فى المستوى  $\vec{AB}$  و لرمز الى ارتفاع الماء فى هذا المستوى بالرمز  $\vec{d}$  فيحدث

$$دَ ع = دَ ع$$

فإذا تقرر هذا نعتبر المائع المحصور في وقت ما بين القطعين  $أ ب$  و  $أ ب$  المأخوذين على بعد يسير أحدهما من خلف الطارة والآخر من أمامها ثم بعد زمن  $ع$  نعتبر أن المائع المذكور يكون محصوراً بين القطعين  $ح د$  و  $ح د$  ويجعل  $م$  رمزاً للجسم المائع  $أ ب ح د$  و  $أ ب ح د$  يكون المقدار الجبرى لكمية تحرك المائع المحصور بين  $أ ب$  و  $أ ب$  بعد الزمن  $ع$

$$م ع - م ع$$

وهو مساو للمجموع الجبرى لدفعات القوى الخارجة الواصلة إلى المائع المسقط على المحور  $ب ح$  الأفقى وهذه القوى الخارجة هي

أولاً الضغطان الحاصلان على المستوى  $أ ب$  و  $أ ب$  الخلقى والامامى اللذان يكونان مبيينين بالكى  $ط - ك$  و  $ط - ك$  مع قطع النظر عن ضغط الجو الذى يكون دفعه الكلى على الجملة معدوماً ويكون دفع هذين الضغطين

$$\frac{ط}{ك} (د - د) (د - د)$$

وثانياً تأثيرات التشاغل التى مساقطها معدومة على المحور  $ب ح$  الأفقى وثالثاً مقاومات الكفات للمائع الضاغظ لها فى الجهتين ولتعيينها يجعل  $و$  المقدار المطلق للمجموع الجبرى للمساقط والمركبات الأفقية للقوى المذكورة فتكون القوة  $و$  هذه متجهة بالضرورة إلى جهة مضادة للتيار ويكون دفعها مبيناً بكى  $ط - ك$  و  $و$  واذن يحدث بقطع النظر عن الاحتكاكات الخارجة

$$م (ع - ع) = \frac{ط}{ك} (د - د) (د - د) - و$$

وحيث كان  $م = \frac{ش}{ج}$  يحدث بجعل  $ث$  رمزاً إلى ثقل المائع

المتصرف



المتصرف في الشائبة الواحدة

$$u = \frac{v}{r} (e - e') - \frac{v}{r} (d - d')$$

لكن هذه القوة هي عين مجموع المركبات الأفقية للقوى الحادثة من الممانع على الكفات فيمكن ان تجعل هذه القوة بدون خطأ محسوس محصلة للقوى المذكورة وأن يجعل لنقطة وقوعها السرعة  $e'$  فاذن يكون مقدار الشغل المحرك الكلي الواصل من الماء الى الطائرة المائية في كل ثانية

$$sh = v e'$$

ومن هنا ينتج

$$sh = \frac{v}{r} (e - e') - \frac{v}{r} (d - d')$$

لأنه يحدث بسبب الارتباطات

$$t = p e' \text{ و } \frac{v}{r} = \frac{v}{r} = \frac{v}{r}$$

أن الجزء الاخير من هذه المعادلة يصير بعد وضعه هكذا

$$\frac{v}{r} p e' \left( \frac{v}{r} - \frac{v}{r} \right)$$

$$\frac{v}{r} \left( \frac{v}{r} - \frac{v}{r} \right)$$

على هذه الصورة

فيحصل

$$sh = \frac{v}{r} (e - e') - \frac{v}{r} \left( \frac{v}{r} - \frac{v}{r} \right) \dots \dots (1)$$

وهو مقدار الشغل المحرك بالنسبة الى الكميات  $t$  و  $d$  و  $e$  و  $e'$  الاربعة  
١٣١ وما ذكره المؤلفون من النظريات في شأن المسئلة التي نحن بصدد حلها  
يوصل الى تحصيل ناتج بسيط وهو

$$sh = \frac{v}{r} (e - e') \dots \dots \dots (2)$$

وذلك راجع الى معادلة  $م = م - م ع$  او

$$ش = \left( \frac{ع}{ع} - \frac{ع}{ع} \right) = \frac{ع - ع}{ع}$$

وعدم ضبط هذا القانون حادث من اهمال زيادة الارتفاع التي يأخذها الماء بالضرورة عندما يفقد جزء من سرعته

فإذا فرض أن الحد  $\frac{ع}{ع}$  صغير جدًا بالنسبة الى  $\frac{ع}{ع}$  (ع - ع) وسلم أن هذه الكمية الاخيرة هي مقدار الشغل الواصل الى الطارة في الثانية الواحدة فبالتنبيه على أن الحاصل  $\frac{ع}{ع}$  (ع - ع) هو مربع رأسي لدائرة قطرها ع مقسوم الى قطعتين احدهما ع والاخرى ع - ع لان السرعة ع تعتبر معلومة وانما ع التي هي سرعة الطارة فانها متعلقة بشدة المقاومة التي تقع عليها يشاهد أن النهاية الكبرى للحاصل  $\frac{ع}{ع}$  (ع - ع) تكون  $\frac{1}{ع}$  وهو المقابل للسرعة  $\frac{1}{ع} = ع$  وانه يمكن أن تختلف ع عن  $\frac{1}{ع}$  بدون أن يحدث من ذلك خلل ظاهر في النهاية الكبرى

فإذا كان  $\frac{ع}{ع} = \frac{ع}{ع}$  أو  $\frac{ع}{ع} = ع$  مثلاً حدث عن ذلك  $\frac{ع}{ع} (ع - ع) = \frac{ع}{ع}$  ونسبته الى  $\frac{1}{ع}$  كنسبة ٨٠ الى ٨١

فيوجد حينئذ بالفرض المتقدم انه اذا احكمت المقاومة الواقعة على الطارة بحيث تكون سرعتها نصف سرعة الماء فان الشغل الواصل من الماء الى الطارة يكون قريباً جدًا من الكمية  $\frac{1}{ع}$  التي هي نصف كمية الماء المتصرف في الثانية الواحدة قبل الاصطدام أو أن الشغل الواصل من الماء للطارة يكون نصف الذي وصل للماء من التناقل لاجل اكتساب سرعته قبل الاصطدام

١٣٢ لا يمكن في العمل اهمال الحد  $\frac{ع}{ع}$  (ع - ع) لانه اذا كان صغيراً جدًا كانت الطارة عظيمة الاتساع وكان المفقود الذي يوجد بين الماء والكفات بعد ما جزأ عظيمًا من تأثير التيار

وتتعلق



باعتبارها معينة

فإذا فرض أن العرق المنحدري في القطع ح د كما في (شكل ٥١ و ٥٢) يخرج من الحوض الأعلى بواسطة منفذ تام الانفرج م ص ك ن أن يسلم أن توازن الماء في الحوض المذكور يكون مرتفعاً عن النقطة د بكمية مساوية  $\frac{E^2}{2f}$  وزائدة بالحد الذي لا يلزم لحفظ السرعة ع من المنفذ إلى دخول الماء في الطارة

وأما توازن الماء في الحوض الأسفل فيمكن أن يطبق على النقطة أ التي هي ارتفاع سطح التيار خلف الطارة مباشرة انظر (شكل ٥١ و ٥٢) ولا يمكن أن يتجاوز التوازن ذلك متى تغير قطع الحوض المذكور تغييراً دفعياً في العمق والاتساع بعد القطع أ ب من دون عطل لسرعة الطارة فيكون ارتفاع السقوط في هذا الفرض  $\frac{E^2}{2f} + d - d'$  ويكون شغل الحقيق

$$Q = T \left( \frac{E^2}{2f} + d - d' \right)$$

وحيث كان  $E = \frac{1}{f}$  ع في الحالة الخصوصية التي فيها  $d' = d$

لتؤول الكمية المذكورة إلى  $Q = T \left( \frac{E^2}{2f} - d \right)$

وأما الشغل الواصل إلى الطارة فإنه يكون

$$Q = T \left( \frac{E^2}{2f} - \frac{3}{4}d \right)$$

$$Q = T \left( \frac{E^2}{2f} - \frac{3}{4}d \right) \quad \text{وَمَا يَنْتُج}$$

وهي نسبة تختلف قليلاً عن النصف كلما تناقص  $d$  بالنسبة إلى  $\frac{E^2}{2f}$

فإذا كان السقوط  $\frac{E^2}{2f} - d = 0$   $d = 0$  وسلك العرق المنحدر على الطارة من جهة الحوض الأعلى  $d = 0$

يحدث

$$\frac{\text{شح}}{\text{ش}} = \frac{1}{\frac{170}{100}} = \frac{1}{1.7} = 0.588 \text{ ر.}$$

١٣٥ ولنبه على أنه إذا كان اقاع خليج التصريف امام النقطة ب انحدار صغير وكانت السرعة ع عظيمة فان مآل هذه السرعة الى السرعة التي ينبغي وقوعها في خليج التصريف يحصل بتدفعي وبناء على ذلك يكون السقوط بالنسبة الى مقادير معينة للكيتين ع و د اقل من مقدارها الكائن في هذا الفرض عن الحالة المتقدمة ولو كان شح باقيا على حاله وقد تقدم في (بند ٩٠) ان قانون (٨) يستعمل لحساب ارتفاع هذا التسوقاذا رمن نال من د الى ارتفاع الماء فوق قاع المدار بعد التسوق مباشرة واهمل الفرق الصغير الموجود بين المكرر د وبين الواحد فانه يحدث

$$\frac{1}{\frac{170}{100}} = \frac{1}{1.7} = 0.588 \text{ ر.}$$

١٣٦ ولنطبق هذا القانون على المقادير المجمولة مثالا في (بند ١٣٤)

$$\frac{1}{\frac{170}{100}} = \frac{1}{1.7} = 0.588 \text{ ر.}$$

$$\frac{170}{100} = 1.7$$

$$0.588 = \frac{1}{1.7} \text{ ر.}$$

$$0.588 = \frac{1}{1.7} \text{ ر.}$$

وحينئذ يكون د = ٠.٢٠ + ٠.٤٠ + ٠.٦٨ = ١.٢٨ ر. وينتج من ذلك انه اذا كان التسوق حاصلا في التيار عند الخروج من اسفل الطارة مباشرة فان ارتفاع السقوط المأخوذ بالابتداء من توازن الماء في الحوض الاعلى الى توازن التيار في خليج التصريف بعد التسوق مباشرة يكون

$$\frac{1}{\frac{170}{100}} = \frac{1}{1.7} = 0.588 \text{ ر.}$$

يقطع النظر عن انحدار الجزء الذي بين المنفذ والطارة

١٣٧ ولاجل عدم تعطل تحرك الطارة ينبغي تباعد التسوق من الطارة



في خليج التصريف

ويلزم أيضا أن يكون الماء في هذه المسافة حاقطا للسرعة  $\bar{c}$  وذلك يستلزم في الامتداد المذكور أن يكون خليج التصريف من ابتداء النقطة  $\bar{h}$  الى  $\bar{x}$  انحدار يسهل حسابه بواسطة قانون التحرك المنتظم وهو

$$نق \bar{r} = \bar{c} + \bar{c}$$

وقد تقدم في مثال (بند ١٣٦) أن  $\frac{\bar{c}}{3} = ٢٠٤٢٥$  ومنه يحدث المقدار  $\bar{c} = ٢٢٨٩$  الذي ينتج من وضعه عوضا عن  $\bar{c}$  في قانون التحرك المنتظم

$$نق \bar{r} = ٠٠٣١٢$$

فإذا فرض أن عرض القاع مترواحد بحيث أن عمق التيار في الجزء  $\bar{h}$  المعتبر  $\bar{m} = ٠٤٠$  يحدث

$$نق = \frac{\bar{c}}{9} = \frac{٠٤٠}{١٨} = \frac{٢}{٩}$$

$$فأذن يكون  $\bar{r} = ٠٠٣١٢ \times \frac{٩}{4} = ٢٠١٤$$$

ويلزم أن يكون هذا الانحدار واقعا في مسافة مترو نصف من الطول فيكون الانحدار الكلي  $٠٠٢$

وقد ذكرنا انه يلزم ايضا أن يوجد انحدار للجزء الذي بين المنفذ والطاردة وحيث كانت في هذا الموضع سرعة الماء ضعف السرعة  $\bar{c}$  لزم للكمية  $نق \bar{r}$  مقدار يكون اربعة امثال المتقدم تقريبا واما  $نق$  فاته يكون في هذه الحالة مساويا  $\frac{٢٢}{١٨} = ١٤$  ومن ذلك يحدث أن

$$\bar{r} = ٠٨٩$$

وبالمال باب التصريف بقدر  $٤٥$  تؤول المسافة المذكورة الى  $٢٠٧٥$  فيكون الانحدار المفقود في الجزء المذكور  $٠٠٦$  تقريبا وينتج من ذلك أن ارتفاع السقوط يكون بالابتداء من سطح الماء في الجوض الاعلى الى سطح التيار بعد التتو مباشرة  $١٢٥ + (٠٠٦ + ٠٠٢) =$

$\approx 1.33$  عوضاً عن أن يكون  $\approx 1.25$

فأذن يكون الشغل الحقيقي لسقوط الماء في الثانية الواحدة شـ  
 $\approx 1.33$  ث من الكيلوغرامترات وإما الشغل الواصل إلى الطارة فإنه  
 يكون كما ذكر في (بند ١١٩)

شـ  $= \frac{1}{4} \approx 1.4$  ث من الكيلوغرامترات

فيوجد معنا حينئذ لنسبة الشغل الواصل للطارة والشغل الحقيقي للسقوط

$$\frac{\text{شـ}}{\text{شـ}} = \frac{1.4}{1.33} = 1.05$$

١٣٨ وبتابع الاعتباران المتقدمة يتنبه إلى أن السرعة ع الواقعة بعد التساقط  
 قد تكون أكبر من السرعة اللازمة لحالة الانتظام في خليج التصريف  
 فيحتمل أن في المثال المتقدم ع  $\approx 1.89$  تكون

$$ع = \frac{ع}{\frac{1}{2}} = 1.89 \times \frac{1}{\frac{1}{2}} = 1.78$$

فتكفي هذه السرعة لتحرك الماء بعكس انحداره في خليج التصريف  
 ولاجل بيان حساب ع عكس الانحدار المذكور بمثال يفرض أن اقاع خليج  
 التصريف بالابتداء من النقطة ح منه انحدار يساوي  $\frac{1}{5}$  وإن له  
 وسعاً ثابتاً قدره متر واحد فيلزم حينئذ أن يطبق على ذلك معادلة (٣)  
 المذكورة في (بند ٨٢)

فإذا جعل في هذه المعادلة  $\frac{1}{5} = و$  و  $1 = ع$  و  $1 + 2 = و$

$$و = 1 \text{ فان فاي} = \frac{1 - 2 \times \frac{1}{5}}{(1 + 2)(1 + 2)} = \frac{1 - \frac{2}{5}}{9} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3}$$

ولنجعل الزيادة و في مبداء الامر  $1.05$  ثم نجعل ذلك الزيادة مساوية

١٠٠ ر.م. بالابتداء من المقدار ٢٥ ر.م. الذي نجعله مقداراً للعمق  $\delta$  عوضاً عن ٦٤.٨ ر.م. ولأجل حساب المقادير المتوالية للسرعة  $\omega$  المقابلة للمقادير المتوالية للارتفاعات  $\delta$  تنبه على أن متصرف التيار يساوي  $\bar{c} = \bar{c}_0 = ٢,٨٩ \times ٠,٤٠ = ١,١٥٦$  ر.م. في الثانية الواحدة فينبذ يكون مقدار السرعة  $\omega = \frac{١,١٥٦}{\delta}$  في القطع الذي فيه أي ارتفاع معين بالرمز  $\delta$  ولنفرض لأجل مزيد التسهيل أن المماس  $\overline{AB}$  مساوٍ للواحد وبذلك مع الجداول المفيدة لكل مقدار من مقادير السرعة  $\omega$  مقادير الارتفاع المنسوب لها  $\frac{\bar{c}}{\delta}$  ومقادير الدالة  $\omega + \omega'$  يسهل وضع هذا الجدول



وهذا الجدول تدل فيه اعداد الخانة التاسعة على الابعاد الجزئية الموجودة بين  
النقط التي للعمق فيها مقادير معينة في الخانة الاولى واما الخانة العاشرة فانها تفيد  
الاطوال  $\chi$  بالابتداء من النقطة  $\chi$  من خليج التصريف وهي التي عمق الماء  
فيها يساوي ٢٥ ر ٢٠ واما اعداد الخانة الحادية عشر فانها تحصل من ضرب  
الخانة العاشرة في الانحدار  $\frac{1}{10}$  وكل من اعداد الخانة الثانية عشر يحصل  
من اعداد الخانة الاولى والحادية عشر وحيث كان الانحدار الكلي مثلاً مساوياً  
٣٥٧ ر ٢٠ في النقطة التي عمق الماء فيها ١٠ ر ١٠ وهي التي تزيد بقدر  
٤٥ ر ٢٠ ارتفاعاً على نقطة الاصل  $\chi$  ينتج من ذلك للانحدار لوجه الماء  
 $٠.٩٣ = ٠.٣٥٧ - ٠.٤٥$

وهذا يشاهد اننا اذا جعلنا خليج التصريف طولاً قدره ٦٠ ر ٢٩ وانحداراً  
في هذا الطول قدره ٦٤ ر ٢٠ فانه يحدث لنا في سطح الماء عكس الانحدار  
قدره ١١ ر ٠ بعد التتوؤ حينئذ يؤثر ارتفاع السقوط الى ٢٢ ر ١  
عوضاً عن ٣٣ ر ١ فيكون شغله الكلي ٢٢ ر ١ ث كيلوجراماً فتكون  
نسبة الشغل المحرك الى الشغل الحقيقي المذكور

$$\frac{\text{شغله}}{\text{شغله}} = \frac{٧٠}{١٢٢} = ٠.٥٧$$

١٣٩. وسنذكر في الفصول الآتية طائرات اخرا كثير نفعاً من التي تقدمت  
ولم ندقق في هذه الطائرات المتقدمة الا بسبب الفائدة النظرية الحادثة عنها وبسبب  
أن كثيراً من الاحوال المذكورة في هذه الطائرات يقع في الطائرات التي سنذكرها  
فيئذ لا ينبغي عمل هذه الطائرات الا عند الاضطراب اليها فينتج من النظريات  
المتقدمة انه يلزم لاجل عمل طائرة تحتية ذات كفات مستوية على مسقط  
من الماء قدر ارتفاعه ٢٢ ر ١ مثلاً

اولاً أن يوضع قاع المنفذ قريباً من الطائرة مهماً امكن وأن يكون منحنياً عن  
توازن الماء في الحوض الاعلى بقدر ٩٠ ر ١ أو بقدر ٦٨ ر ٢٠ عن سطح  
الماء في الحوض الاسفل وان لم يكن لعرق الماء الخارج من اسفل باب التصريف  
الاسفل قدره ٢٠ ر ٢٠ عند ما تصل الطائرة الى تحركها المنتظم

وثانياً



وثانياً أن يكون لقاع المدار الذي بين باب النصر يف والطارة انحدار قدره ٢٠٠٦ على امتداد قدره ٢٠٧٥.

وثالثاً ان يقع القاع المذكور بعد ذلك بصورة اسطوانية متحدة المحور مع الطارة على طول يكون بالاقل ضعف المسافة التي بين كفتين متتاليتين ورابعاً أن يكون لقاع خليج التصريف امام الطارة انحدار كل قدره ٢٠٠٢ على طول قدره ٢١٥٠ ثم يكون له انحدار قدره  $\frac{1}{10}$  في امتداد قدره ٢١٠٠.

وخامساً انه لا ينبغي توسيع خليج التصريف دفعة في الجزء الاخير منه اذا كانت المواضع لا تمنع ذلك فيكون توسيعه بالندرج مثلاً بقدر  $\frac{1}{10}$  من الطول في كل جانب.

وسادساً أن يكون للطارة قطر كبير بالكفاية بحيث تكون الكفات عند دخولها في التيار وخروجها منه باقية رأسية تقريباً ويؤخذ من ذلك أن هذا القطر يتعلق بالانفراج الرأسي للمنفذ.

وسابعاً انه كيف توصيل التجر في المعمل بحيث انه متى وصلت سرعة الآلة المصانعة الى السرعة الموافقة لوظيفتها كان محيط الكفات المتوسطة سرعة متوسطة تساوي نصف سرعة الماء عند خروجها من المنفذ فتكون هذه السرعة في المثال المتقدم ٢٨٩ في الثانية الواحدة.

وفي هذا المثال كفاية لبيان الطريقة التي يلزم استعمالها في اى حالة

١٤٠٠ ومقدار ٥٧٠ للنسبة  $\frac{\text{شح}}{\text{شح}}$  هو بالتقريب ضعف المقدار

الذي وجده المهندس اسماعيلون واستعمله الى الآن المشهور من المهندسين لكنه ينبغي التنبيه على أن التجارب لم تكن عملت على طارات مصنوعة بمقتضى القواعد التي قرناها وقد استصوبنا تقيص النسبة المذكورة ربعاً بحيث يؤول مقدارها الى ٤٣٠ في الطارات الخفية ذات الكفات المنسوية المصنوعة

على مقتضى الكيفية التي ذكرناها فيكون الفرق الذي يمكن حصوله بين الحاصل العملي والحاصل النظري ناتجاً من المفوت الذي بين الطارة والمدار ومن عدم استمرار الكفات على وضع رأسي مدة انغمارها في التيار ثم من مقاومة الماء الذي ترفعه الطارة في جهة خليج التصريف

### الفصل الثالث

#### في الطارات التحتية ذات الكفات المنحنية

١٤١ | وصغر نسبة  $\frac{شبه}{شبه}$  في الطارات التحتية ذات الكفات المستوية

تحدث بالخصوص من الشغل السالب العنصري الحاصل من كون الماء مجبوراً على أن سرعته تؤول دفعة واحدة إلى سرعة الكفات مع أن مركز ثقله لا يكون مرتفعاً عند ذلك الا قليلاً جداً

وقد بحث المهندس بونسليه عن اجتناب هذا الضرر مع ابقاء الطارة تحتية بمعنى أن الماء يكون مؤثراً فيها من اسفلها فذكر أنه ينبغي ايراد الماء بحيث لا يصدم الطارة عند دخوله بها ولا في داخلها ولا عند خروجه ويخرج منها بسرعة ضعيفة ما أمكن ولا جل استيفاء هذه الشروط المثبتة أهميتها بالقانون العام المقرر في (بند ١٣٢) ابدل المهندس المذكور الكفات المستوية بكفات منحنية أي اسطوانية يتجه تقعرها جهة التيار

١٤٢ | وكيفية وضع الطارة المذكورة على رأي المهندس بونسليه هي كما في (شكل ٧٠) المبين لقطعها الرأسي ومستط مدارها

أن يجعل قاع الحوض الاعلى أفقياً تقريباً متصلاً بقاع مدار له انحدار محصور بين  $\frac{1}{10}$  و  $\frac{1}{15}$  بالابتداء من المنفذ إلى محيط الطارة الخارج الذي يكون مماساً لذلك المدار ما عدى المفوت الذي لا بد منه

وبالابتداء من القطر العمودي على المستوى المائل لقاع المدار تجعل الكفات

معشقة

معشقة في جزء اسطوانى متحد المحور مع الطارة ذى انفرج يساوى مسافة كفتين متتاليتين زائدة ٠.٥ ر. أو ٠.٦ ر. ويكون هذا الجزء الاسطوانى منتهيا بتعمق دفعى رأسه فى توازن المياه المتوسطة فى خليج التصريف والغرض من هذا التعمق سهولة خروج الماء من الطارة.

ويكون باب التصريف مائلا تحت الطارة ميلا قاعدته ١ أو ٢ وارتفاعه ٢ وتكون الجهتان الرأسيتان للمنفذ مستديرتين فى داخل حوض الصرف وبذلك ينقص الانضمام ويكون مكرر التصريف محصورا بين ٨٠ ر. و ٧٥ ر. بحسب ميل باب التصريف مع الخط الرأسى.

وحيث كان وسع المدار مساويا لوسع المنفذ فان العرق السائل لا ينفذ عن جهتي المدار الرأسيتين كما قد يحصل ذلك فى مبدأ الموصلات الاسطوانية وبهذا يجتنب حصول شغل عنصرى سالب مشابه للشغل الذى يحصل فى مبدأ الموصلات المذكورة.

وتكون الكفات من طبقة بعضها ومحصورة بين تاجين طوقيين مركبين على عدمه من الاذرع ومعددين لمنع الماء عن الخروج من جوانب الطارة ويكون وسع هذين التاجين مساويا لثلث ارتفاع السقوط كما سيأتى اثبات ذلك فى (بند ١٤٧).

ويجعل الوسع الداخلى الذى بين التاجين المذكورين اعظم من وسع المنفذ بكمية من ٦ ر. الى ١٠ ر. ومن قاع المدار الذى تكون جهته رأسيتين من المنفذ الى تقابلهما بمحيط الطارة ثم ينقرجان فيما بعد لكي يدور التاجان بدون معارض وبدون أن يخرج الماء من جوانب الطارة.

ويكون انحناء الكفات حيث ما اتفق الا انه يجب أن يكون مستقرا ومقابلا للمحيط الخارج على زاوية قدرها ٣٠° تقريبا ومقابلا للمحيط الداخلى على زاوية قدرها ٩٠° تقريبا ويجعل هذا الانحناء فى العادة مستديرا ويكون عدد الكفات عادة ٣٦ فى الطارات التى قطرها من ثلاثة امتار الى اربعة و ٤٨ فى الطارات التى يكون قطرها من ستة امتار الى سبعة.

١٤٣ النظرية الصحيحة في شأن هذه الطارة صعبة جدا بالنظر الى المعارف العلمية الموجودة بعصرنا هذا فيلزم تسهيلها بواسطة بعض فروض وذلك ان يعتبر الجزء المانع الذي يدخل بين كفتين متتاليتين نقطة مادية او جسما صلبا صغيرا لا يحصل له احتكاك تما وأن يفرض ايضا أن المماس للمحني حافة الكفة ينطبق على تماس المحيط الخارج للطارة وكذلك على اتجاه سرعة الماء

وايكن ع سرعة الماء و ع سرعة المحيط الخارج للطارة فبمقتضى ذلك يرد الماء على الكفة بدون مصادمة ويكون له عليها سرعة نسبية قدرها ع - ع فاذا فرضنا أن قطر الطارة كبير بالكفاية بحيث يكون تحرك الكفات تحركا انتقاليا منتظما افقيا فانه يمكن اجراء قواعد التحرك الحقيقي على التحرك النسبي للجسم الصلب الكائن على الكفة

وبذلك يرتفع الجسم المذكور على الكفة ارتفاعا قدره  $\frac{ع(ع-ع)}{ع}$  ثم ينبط ويكون له عند عوده الى نهاية الكفة السرعة ع - ع النسبية لكن في جهة مضادة لجهة تحرك الطارة فاذن تكون السرعة الحقيقية التي له عند اقترافه من الطارة ع - (ع - ع) أو ع - ع فاذا كان مفقودا حدة الجسم المذكور من منذ دخوله الى وقت خروجه

$\frac{1}{ع} (ع - ع - ع - ع) = \frac{ع}{ع} (ع - ع) = ع$  او  $\frac{ع}{ع} (ع - ع) = ع$  يجعل ت رمزا الى ثقل الجسم المتقدم

وحيث انه لا يقع بمقتضى الفرض على الجسم المحرك احتكاك ولا شغل مقاوم عنه صرى ينتج أن مفقود الحدة المذكور يساوى الشغل الواصل له من الكفة فيكون مساويا للشغل المحرك الواصل منه للكفة وحيث اذا كان ت رمزا لثقل الماء المتحرك المتصرف في الثانية الواحدة و  $\frac{ع}{ع}$  رمزا للشغل الواصل منه للطارة فانه يحدث

$$\frac{ع}{ع} = \frac{ع}{ع} (ع - ع) = ع$$

وحيث أن نهايته الكبرى مقابلة  $\bar{c} = \frac{1}{f} c$  تكون

$$\frac{c}{2f} = \bar{c} \quad \text{شع}$$

اعنى انها تكون مساوية لحدة المائع عند دخوله في الطارة

١٤٤ وهناك احوال تمنع حصول ما ذكر في العمل لان النظرية المتقدمة تقتضى أن الماء يدخل في الطارة بدون مصادمة للكفات ويخرج منها بسرعة متجهة الى جهة مضادة لجهة سرعة محيط الطارة فهذان الشرطان يستحيلان في العمل بسبب سلك التيار المحرك واستقراره

وليكن أ نقطة دخول خيط في الطارة بسرعة  $\bar{c}$  مبيئة شدة واتجاهها بالمستقيم أم كافي (شكل ٥٤) ولتكن  $\bar{c}$  التي هي سرعة محيط الطارة مبيئة ايضا شدة واتجاهها بالمستقيم أ أ فرى بالسهولة أن السرعة النسبية التي يدخل بها الخيط في الطارة تكون مبيئة ايضا مقدار واتجاهها بالمستقيم أب المساوي للمستقيم أم والموازي له وهذا الاتجاه أب هو الذي يلزم أن يكون للجزء الاول من الكفة لاجل اجتناب اصطدام الخيط المذكور مع الكفة لكن حيث كان الاتجاه المذكور غير موافق للخيط التي توجد فوقه وتحتة يفرض لسلك الماء الوارد للطارة حينئذ عدم متوسط

ويعتلق سلك تيار الماء بالانفراج الرأسي للمنفذ الذي يلزم أن يكون مقداره بمقتضى التجربة من ٢٠ ر إلى ٣٠ ر في السقوط الذي مقداره من متر ونصف الى مادونه ومن ٨٠ ر إلى ١٢ ر في السقوط الذي مقداره من مترين الى ما فوقهما

١٤٥ وحيث ذكر في (بند ١٤٣) ان الزاوية ب أ أ التي بين الكفة والمحيط الخارج تكون في العمل ٣٠° تقريبا ينتج من ذلك ان يكون للماء عند خروجه من الطارة سرعة نسبية يحدث منها مع السرعة الحقيقية المحيط زاوية قدرها ١٥° كافي (شكل ٥٥) فتكون السرعة الحقيقية للماء عند خروجه محصلة للسرعتين المذكورتين بفرض أن كلاهما



مساوية  $\frac{1}{r}$  ع فاذن يحدث  $و = ع$  جثا  $٧٥^\circ$  أو

$و = ٢٥٩.٠٢٥٩$  ع أو  $و = ٠.٦٧$  ع

وبناء على ذلك يخرج الماء من الطارة مفروضا نقطة مادية مجردة عن الاحتكاك  
بجدة قدرها  $٠.٦٧$  من الحدة التي كانت له عند الدخول

١٤٦ وحيث كانت  $و$  التي هي سرعة الخروج صغيرة واتجاهها رأسي  
تقريبا لا يمكن استعمالها لتو متصاعدا و انعكس انحدار في خليج التصريف  
وهذا هو سبب لزوم التعمق السريع الذي اوصى به المهندس بونسلية

١٤٧ وقد شوهد يقتضى الفرض المذكور في (بند ١٤٣) أن الجسم  
المحرك يرتفع في تحركه النسبي على الكفة ارتفاعا قدره  $(ع-ع')$  فتؤول هذه

الكمية الى  $\frac{1}{r}$  متى جعل  $ع = \frac{1}{r}$  ع ومن ذلك استنتج  
المهندس بونسلية أن بعد المحيطين اللذين توجد بينهما الكفات يكون بالاقبل  
ربع الارتفاع الكلى للسقوط ويلزم أن يكون بالبداية متزايدا بحسب سمك  
التيار قبل دخوله في الطارة وحيث يلقى اضافة السمك المذكور الى ربع ارتفاع  
السقوط لاجل تحصيل ارتفاع الكفات

١٤٨ ويلزم عوضا عن ان يفرض أن الماء المحرك في كل كفة نقطة مادية  
مجردة عن الاحتكاك أن يبحث عن التحرك الحقيقي للماء المذكور مع اعتبار  
احتكاك الكفات وتأثير عناصر المائع الذي لا يمكنه أن يصعد ويهبط بتحرك  
مشترك بجسم صلب وربما لزم في بعض الاحيان اعتبار مقاومة الحق الذي  
يمكن أن يقاوم المائع عند صعوده

وخلال النظرية المتقدمة في (بند ١٤٣) يكفى لبيان الفرق بين الخواصل  
الناجمة منها والخواصل الحادثة من التجربة

وذهب المهندس موران الى أن الشغل الواصل (ش) الى طارة تحتية  
ذات كفات منحنية يساوى  $٠.٦٥$  من الشغل الحقيقي (ش) للسقوط  
متى كان ارتفاع السقوط المذكور من متر ونصف الى مادونه وتؤول

النسبة المذكورة الى ٢٠ ر. وتارة الى ٥٠ ر. في السقوط الذي يكون اكبر من المتقدم فتكون هذه الطائرة بالضرورة احسن من الطارات التحتية ذات الكفات المستوية وان كانت مصنوعة بمقتضى ما تقرر في الفصل المتقدم

## الفصل الرابع

في الطارات ذات المدار المستدير المعروفة بالطارات الجيتية

١٤٩ تدور هذه الطارات في مدار قاعه مستدير ومبدأ استدارته من نقطة قريبة من سطح ماء الخوض الاعلى وهى نقطة يدخل من فوقها الماء بين الكفات كما في (شكل ٧١) المين لقطع الطائرة المذكورة مع مدارها وهذه الطائرة مركبة من تاج مستدير ب ب مرتبط بالسهم بواسطة اذرع ج ج . . . . . وحامل لكفات ا ا . . . . . فالماء ينصب على الكفات من المنفذ م م ثم ان استدارة القاع المذكورة تنتهى بالرأسى الذى يمر بسهم الطائرة باحكام بحيث يكون المفوت الذى بين النهايات المنطرفة للكفات والمدار صغيرا ما امكن وبهذه الكيفية يتكون بين المدار والكفات نوع من الاوانى لا يمكن أن يخرج منه الماء بعد دخوله فيه مادام هابطا كما يشاهد ذلك في الشكل المذكور

١٥٠ ويمكن اهمال سرعة الماء في قطع من الخوض الاعلى مأخوذا على بعد صغير من الطائرة بسبب انها صغيرة جدا

فاذا رمز بالرمز هـ الى سرعة الماء في قطع من الخوض الاسفل قريب من الطائرة وبالرمز د الى ارتفاع السقوط بين القطعين المذكورين للخوض الاعلى والاسفل وبالرمز ث الى ثقل الماء المتصرف في الثانية الواحدة وبالرمز ش الى الشغل الواصل للطائرة في الثانية الواحدة ايضا وبالرمز شـ الى الشغل المقاوم الحادث في الثانية الواحدة من احتكاك الجوانب الصلبة المماسية للماء او من تأثيرات عناصر المائع في بعضها بين حدى السقوط فانه يتحصل معنا بمقتضى (بند ١٢٨)

$$\text{ش} = \text{ش} - \frac{1}{5} \frac{\text{ش}}{\text{ه}} - \text{ش} - \text{ش}$$

مقد — ش الذي هو قياس مفقود وحدة المائع المجرى يتعلق بعدة احوال  
يلزم معرفة كل منها على وجه التفصيل

الاولى مفقود الوحدة في توصيل الماء من الحوض الاعلى الى الطارة

١٥١ يمكن أن يخرج الماء الوارد الى الطارة من الحوض الاعلى اما من  
منفذ له باب تصريف او من فوق مصب ومن ذلك يحدث جالتان متميزتان في كل  
منهما يمكن أن يصل الماء الى الطارة بمجرد متوسط واصل من المنفذ الى الطارة  
ينشأ عنه شغل مقاوم عظيم متى كان طوله كبيرا وكان جانباه الرأسيان غير  
متصلين بالحوض الاعلى بواسطة سطوح متفرجة من جهة الحوض المذكور  
فاذا كان لا يمكن اجتناب هذا الشغل فانه يمكن بالاقل تصغيره بوضع الطارة  
قريبة جدا من المنفذ

فيتكون من الشغل المقاوم المذكور الجزء الاول من القيمة — ش  
والثاني به بالرمز — ش

الثانية مفقود الوحدة في دخول الماء في الطارة

١٥٢ ودخول الماء في الانية التي بين كفتين متتاليتين من الوقت الذي  
يتغمر فيه طرف الكفة الاولى في التيار الى الوقت الذي تصل فيه الكفة  
الثانية الى الرأس الاعلى للمدار المستدير يحدث عنه شغل مقاوم يصعب  
تعيينه بالضبط

فلاجل سهولة تعيين ذلك الشغل بسلم فرض نظري وهو أن حجم الطارة ينقسم  
الى عدة عظيمة من الاواني الصغيرة الحادثة من كهفات صخرها غير محسوس وان  
التيار خيط رقيق ينقسم الى اجزاء صغيرة تدخل بالتوالي في الاواني المذكورة  
بمجرد وصول كل منها الى رأس المدار المستدير

وليكن ع سرعة التيار و ع سرعة محيط الطارة وكذلك سرعة الكفات  
الصغيرة فمتى دخل الجزء المائع في احدي الاواني حصل له احتكاك واضطراب

صغير ثم يعتبر أنه لا يكون له بعد هذا التحرك  $\epsilon$  التي هي سرعة الكفات  
ولاحل تعيين الشغل المقاوم الحادث مدة تغير سرعتين يلزم أن تذكر  
أولاً أن الشغل العنصري لا يتعلق إلا بالتحرك النسبي للأجسام  
وثانياً أن التحرك النسبي لا يتغير عند حصول السرعة الحقيقية مع سرعة توهمية  
إذا تقرر هذا فليستصوّر أن الآلية آلت إلى السكون وذلك بتحصيل سرعتها  
الحقيقية وهي  $\epsilon$  مع السرعة  $\epsilon$  المساوية والمضادة لها كما في (الشكل ٥٦)  
وليس كذلك لا يتغير التحرك النسبي للآلية والمائع يلزم تحصيل  $\epsilon$  التي هي  
سرعة المائع مع السرعة  $\epsilon$  المذكورة فينتج لنا السرعة  $\epsilon$  المحصلة التي  
هي السرعة النسبية

وحيث كانت الآلية ساكنة في هذه الحالة فقد المائع فيها سرعته  $\epsilon$  بسبب  
الاحتكاكات والتأثيرات العنصرية فقط (لأن شغل التثاقل ينعدم بسبب  
أن مركز ثقل المائع المحجوز بالآلية الساكنة يوجد تقريباً بالمستوى  
الافقي المار بمنتصف مدخل المائع) فينتج من ذلك أن المقدار الحقيقي لشغل  
الاحتكاكات والتأثيرات المذكورة هو الخلية المتسوية إلى  $\frac{1}{2} \epsilon$  الذي هو  
محجم المائع الداخل في الآلية وإلى السرعة  $\epsilon$  فاذن يكون المقدار الجبري

$$\text{لشغل المذكور} = \frac{1}{2} \epsilon \cdot \epsilon$$

فاذن إذا جعلنا  $\frac{1}{2} \epsilon$  الحجم المنصب في الثانية الواحدة فإن الشغل المنسوب  
لدخول الماء في الطارة الذي نرمز له بالرمز  $\epsilon$  والذي يتكوّن منه الجزء  
الثاني من الكمية  $\epsilon$  يكون

$$\epsilon = \frac{1}{2} \epsilon \cdot \epsilon$$

١٥٣ ويمكن إبدال  $\epsilon$  بكمية معينة بالسرعتين  $\epsilon$  و  $\epsilon$   
والزاوية الحادة منه  $\alpha$  لأن المثلث  $\triangle \epsilon \epsilon \epsilon$  الذي اضلاعه هي  $\epsilon$   
و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  مناسبة للسرع  $\epsilon$  و  $\epsilon$  و  $\epsilon$  الثلاثة ينتج منه

$$\epsilon = \epsilon + \epsilon - \epsilon \text{ جتا } (\epsilon \text{ و } \epsilon)$$

وهذا مقدار يمكن وضعه بدلا عن  $\rho$  في الكمية  $\frac{1}{2} \rho v^2$   
 فاذا فرض مثلا أن

$$\rho = 0 \text{ و } \rho = 3 \text{ و جتا } \rho \text{ دج} = \text{جتا } 30^\circ = 0.866$$

يحدث من ذلك أن  $\rho = 1$  و  $0.2$

ومن هنا ينتج  $\frac{1}{2} \rho v^2 = 0.1$  ث من كيلوغرامترات

الثالثة منفقود الحدة في احتكاك الماء بالمدار المستدير

١٥٤ يكون هذا الشغل صغيرا متى كان تحرك الطارة بطيئا وكبيرا اذا كان  
 تحركها سريعا

وقد تقدم في (بند ٧١٠) أن بيان الشغل المقاوم الحاصل في الثانية الواحدة  
 من مرقد تيار سرعته المتوسطة مبينة بالرمز  $\rho$  والمحيط المغمور بالماء من  
 المرقد مبين بالرمز  $\rho$  وطول هذا المرقد مبين بالرمز  $l$  هو

$$\frac{1}{2} \rho v^2 l (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) = \frac{1}{2} \rho v^2 l$$

وذلك ناشئ عن الارتباطين  $\theta = \theta$  و  $\theta = \theta$  فاذا فرض  
 أن  $\rho = 3$  وأن  $\theta = 0.1$  و  $l = 3$  فإنه يحصل  
 بمقتضى القانون المتقدم  $\frac{1}{2} \rho v^2 l = 0.1$  ث من الكيلوجرامترات وهي كمية  
 يلزم في الغالب زيادتها لاجل تحصيل شغل احتكاك الماء على مدار على ماء طارة لها  
 سرعة قدرها ثلاثة امتار بسبب أن سرعة قاع التيار تكون في هذه الحالة  
 مساوية للسرعة المتوسطة بل ربما كانت اكبر منها واما في الاحوال التي تعين  
 بقياس كروا و  $\theta$  بالتجربة فان سرعة القاع محصورة فيها بين  $0.6$  و  
 أو  $0.7$  من السرعة المتوسطة

الرابعة منفقود الماء بالابتداء من الرأس المار بسهم الطارة الى نهاية مخارج التصريف

١٥٥ وجميع الاعتبارات المذكورة في (بند ١١٩) وما بعده الى ١٢٣ تقع

هنا



هنا وهي التي يأخذ منها أنه ينشأ من وضع قاع المدار في موقع الرأسى المار بمحور سهم الطائرة التي لها عين سرعة الكفات في مستوى توازن خليج التصريف أى الحوض الأسفل فقد كمية عظيمة من شغل السقوط لأن الماء حين يخرج من الطائرة يسقط من ارتفاع مساو للارتفاع الذى له بين الكفات فيكتسب ازديادا في السرعة لا فائدة له وقد شوهد في البنود التي ذكرت أنه يمكن أن يستفاد جزء عظيم من حدة الماء في تحركه المشترك مع الطائرة وذلك بأن يجعل خليج التصريف صورة لا ثقة لذلك

١٥٦ وقد كانت العادة جرت كما في (شكل ٧١) بوضع طرف قاع المدار المستدير المقابل للرأسى المار بمحور سهم الطائرة في توازن سطح ماء الحوض الأسفل ووصل المدار المذكور بقاع الحوض المذكور بتعمق سريع أو بمستوى ميل ما وهذا مبنى على أوهام فاسدة اشتهرت بين الناس وعضدها بعض المؤلفين ففي هذه الحالة يكون الشغل الواصل للطائرة مساويا للشغل الذى يكون حاصل لو كان مستوى توازن الماء في الحوض عين مستوى توازن الماء في الكفات الموجودة في أسفل الرأسى المار بمحور سهم الطائرة وكانت له سرعة كالسرعة ع التي هي سرعة الطائرة وبناء على ذلك يلزم في القانون المذكور في (بند ١٥٠) وهو

$$\text{ش} = \text{ث} \times \frac{1}{\text{ر}} - \frac{\text{ث}}{\text{ه}} - \frac{\text{ش}}{\text{ع}}$$

أن لا يجعل مقدار ر مساويا لارتفاع مستوى توازن الماء في الحوض الاعلى عن قاع المدار بل ناقصا سمك الماء بين الكفات السفلى ومع ذلك يلزم ابدال ه بالسرعة ع التي هي سرعة الكفات

١٥٧ ولنطبق النظرية المتقدمة على احدى تجارب المهندس موران التي عملها في شأن طائرة ذات كفات مستوية عملت لمسبك مدينة تولوز كما عرف ذلك من رسالته المؤلفة في تجارب الطائرات ذات الكفات المستوية والطائرات ذات العلب

فقد كان الماء يخرج من منفذله باب تصريف مرفوع بقدر ١٤٧ درج

من القاع الذي كان منحطاً عن سطح ماء الحوض الاعلى بقدر ١٤٢٣ ر. ١٤٢٣  
ولما كان المنفذ ممتداً بواسطة حجرى افقى تقريباً كانت سرعة الماء عند  
خروجه منه بقطع النظر عما يفقده الاحتكاك منسوبة لارتفاع قدره

$$١٤٢٣ - ١٤٧ = ١٢٧٦ ر.$$

فيكون قدرها حينئذ  $٢٥ = ع$

وكان وسع المنفذ والطاردة ١٠٥ ر.

وكانت سعة المنفذ بناء على ذلك  $١٤٧ \times ١٠٥ = ٢٢٨ ر.$   
وقد قدر المهندس المذكور ثقل الماء المتصرف في الثانية الواحدة فوجده

$$\text{يساوى } ٨٧٨ \text{ ث}$$

$$\text{وذلك يستدعى مكرراً ضمما قدره } \frac{٨٧٨}{٢٢٨ \times ٥} = ٧٧ ر.$$

وكان لمحيط الطارة في احدى التجارب سرعة قدرها ٣٠٦ ر.  $ع = ٣٠٦$

وكان مقدار زاوية سرعتى  $ع$  و  $ع$  بمقتضى الرسم ٣٠°

ومن ذلك يحدث  $٨٦٦ ر. = جتا (ع د ع)$

وحيث كان المتصرف عن كل متر من وسع الطارة يساوى  $\frac{٨٧٨}{١٠٥ ر.}$   
أو ٥٦٦ ر. فان سمك الماء في الكفات (بقطع النظر عن المسافة المشغولة

$$\text{بالكفات) يكون } \frac{٦٦}{٣٠٦} = ١٠٨٥ ر.$$

ولنفرض انه يساوى ١٩٠ ر.  $ك = ١٩٠$

وكان ارتفاع مستوى توازن الماء في الحوض الاعلى عن المدار المستدير المقابل

للرأسى المار بمحور سهم الطارة يساوى ٩٢ ر.

وحينئذ يكون قدر ارتفاع السقوط الذى يلزم ادخاله فى الحساب

$$٩٢ ر. - ١٩٠ ر. = ٧٣ ر. = د$$

أذا تقرر هذا وكان البعد الذي بين المنفذ والطارة يساوي ٢٠,٧٥  
سهل يعمل حساب مشابه للمقرر في (بند ١٣٧) إيجاد انحدار كلى او مفقود  
سقوط قدره ٢٠,٧ في هذا الامتداد

ولنجعل حينئذ  $ش = ٠,٧ - ث$  من الكيلوغرامترات  
وتكون الكمية  $ش$  المنسوبة لدخول الماء في الطارة بمقتضى (بند ١٣٨)

$$ش = ٠,٧ - \frac{١}{٢} \frac{ث}{٢} (ع' + ع' - ٢ ع جتا ٣٠^\circ)$$

ولا يمكن تعيين مفقود الشغل المنسوب لاحتكاك الماء بالمدار الاعلى  
وجه التقريب فحيث كان طول المدار من المنفذ الى المحل الذى يخرج منه الماء  
من الطارة مساويا ٢٠,٥٠ يكون مقدار الشغل المذكور بمقتضى  
(بند ١٥٤)  $٠,٨ - ث$  تقريبا فاذن يؤول قانون (بند ١٥٠)  
الى هذه الصورة

$$ش = ٠,٧ - \frac{١}{٢} \frac{ث}{٢} (ع' + ع' - ٢ ع جتا ٣٠^\circ) - \frac{١}{٢} \frac{ث}{٢} ع - ٠,١٥ - ث$$

أو يحدث ببدال الرموز بمقاديرها  $ع = ٥$  و  $ع = ٣,٠٦$   
و جتا  $٣٠^\circ = ٨٦,٦$

$$ش = ٠,٧ - \frac{١}{٢} \frac{ث}{٢} (٣,٠٦ + ٣,٠٦ - ١٠ ع جتا ٣٠^\circ) - \frac{١}{٢} \frac{ث}{٢} ع - ٠,١٥ - ث$$

أو يحدث بسبب أن  $ع = ١,٧٣$  و  $ث = ٨٧,٨$

$$ش = ٨٧,٨ \times ١,٧٨ = ١٥٥,٦$$

وقد وجد المهندس موران بالتجربة أن  $ش = ٦٢,٧$

ويمكن أن يكون الفرق الحاصل بين الشغل المحسوب وهو ١٥٥,٦ وبين الشغل  
التجريبي الذى وجدته المهندس المذكور وهو ٦٢,٧ حادثا من المفقوت  
الموجود بين الطارة والمدار ويمكن أيضا ان يكون هذا الفرق حاصل  
من هذا الفرض وهو فرض السرعة  $ع$  منسوبة الى الضاغطة الكلى

وهو ٢٧٦، ٢١ مع أنه يلزم تنقيص هذا الضاغط بالضرورة ويمكن أن يكون الفرق المذكور حاصلًا أيضًا من التقدير الضعيف الذي قدره المهندس موران للشغل الواصل إلى الطارة

فإن شاهد من ذلك أنه يمكن حساب الشغل الواصل لطاردة مائية حسابًا نظريًا وأنه لا يحتاج إلا إلى تصحيح قدره ٩١، ٠ وأما القانون الذي استعمله المهندس موران فإنه يستدعي في الحالة التي ذكرناها معامل تصحيح قدره ٦٢، ٠

١٥٨ إذا نسبنا شح  $= ٦٢٧$  إلى الحاصل  $٨٠٧٨ \times ٧٣$  و  $١٥١٩ =$  نجد أن مقدار النسبة ٤١، ٠ وهي نسبة ينشأ صفرها من الأشغال المفقودة المحسوبة آنفًا ولذلك ينبغي البحث عن طرق تنقيص الأشغال المذكورة

فاحده هذه الأشغال المفقودة هو — شح الذي مقداره

$$— \frac{1}{r} \frac{d}{dt} \text{ أو } — \frac{1}{r} \frac{d}{dt} (e' + e' - e' \text{ جتا } (e' د))$$

وهذا الشغل لا يمكن أن يندامه أصلاً حيث أن  $u$  هي سرعة الماء بالنسبة للطارة

ولنفرض أن  $e$  التي هي سرعة الطارة معينة وكذلك الزاوية  $(e' د)$  فيكون للكمية  $u'$  نهاية صغيرة يسهل تعيينها بتغير  $e$  لأنه يمكن وضع مقدار  $u'$  بهذه الصورة

$$u' = (e - e' \text{ جتا } (e' د)) + e' - e' \text{ جتا } (e' د) \text{ أو}$$

$$u' = (e - e' \text{ جتا } (e' د)) + e' \text{ جتا } (e' د)$$

فإن يكون أصغر مقادير  $u'$  مقابل  $e = e' \text{ جتا } (e' د)$  ويكون

$$و' = ع' جا' (ع' د' ع')$$

فكان يلزم اذا فرض ابقاء سرعة طارة مدينة تولوز على حالها أى  $ع = ٣٠٦$  والزاوية  $(ع' د' ع')$  على حالها ايضا اى  $(ع' د' ع') = ٣٠^\circ$  ان يجعل  $ع = ٣٠٦ \times ٨٦٦ = ٢٦٥$  وهى السرعة المنسوبة الى  $٣٨$  وهو المقدار الذى كان يلزم للضاغط على الحرف الاعلى من المنفذ وبذلك كان يؤول و' الى ع' جا'  $٣٠^\circ = \frac{1}{2} ع'$  وكان  $(- ش')$  يؤول ايضا الى  $-\frac{1}{2} ش' \frac{ع'}{٢}$  أو  $- ١٢ ر' ش'$  عوضا عن  $- ٣٢ ر' ش'$

١٥٩ واعظم سبب فى تنقيص نسبة  $\frac{ش'}{د'}$  هو حد  $-\frac{1}{4} \frac{ش'}{ع'}$

الدال على الشغل الباقى مع الماء فى الوقت الذى يخرج فيه من الطارة فاذا جعلنا فى قانون التثاق كورفى (بند ١٣٥)

$$د' = ١٩ ر' و ع = ٣٠٦ نجد أن د' = ٤٣ ر'$$

وبذلك يكون ارتفاع التثاق  $د' - ٤٣ ر' = ١٩ ر' = ٢٤ ر'$

وتكون السرعة بعد التثاق  $٣٠٦ \times \frac{1}{4} = ١٣٥$  منسوبة

الى الارتفاع  $٩ ر'$  الذى يمكن أن ينتفع بجزء منه الا انه يفرض

أن الارتفاع المذكور يكون دالا على مقدار انحدار القاع اللازم لابعاد التثاق

عن الطارة ومع ذلك فقد كان يمكن جعل طرف قاع المدار المستدير اخفض

من مستوى توازن الماء فى خليج التصريف بدون أن يخشى على الطارة من

$$التعطل بقدر  $٢٤ ر' + ١٩ ر' = ٤٣ ر'$  أو  $٤٣ ر'$$$

وايكن السقوط الحقيقى مساويا للسقوط الرموز اليه فيما سبق بالرمز د' اى

٧٣ ر' فيلزم فى قانون (بند ١٥٧)

$$\text{وهو ش' = ت د' - } \frac{1}{4} \frac{ش'}{ع'} (ع' + ع' - ٢ ع' ع' جتا ٣٠)$$

$$- \frac{1}{4} \frac{ش'}{ع'} - ١٥ ر' ت أن يجعل  $\frac{1}{4} \frac{ش'}{ع'} (ع' + ع')$$$



— ٢ ع جتا ٣٠ = ١٢ ر ث و ث = ٣ (٧٣ ر١

+ ٢٤ ر٠) = ٩٧ ر١ ث وأن يترك الكمية  $\frac{٢٤}{٢٣}$  مقدارها وهو

٤٨ ر٠ المقابل للسرعة ع = ٣٠٦ ر٣

واما حد ١٥ ر٠ ث المنسوب لاحتكاك المدار من ابتداء المنفذ الى نهاية

المدار المستدير فانه يلزم نقصه من جهة حيث أن ع التي هي سرعة

ورود الماء الى الطارة نقصت ويلزم ازدياده من جهة اخرى بالنسبة لازدياد

قاع المدار عن اصله وبناء على ذلك ينبغي ابقاء الخد المذكور على حاله فاذن

يحدث

شح = ث (٩٧ ر١ — ١٢ ر٠ — ٤٨ ر٠ — ١٥ ر٠) = ٢٢ ر١ ث

أوانه يحدث بسبب أن ث = ٨٧٨ ر٠

شح = ١٠٧١ كم عوضا عن ٦٨٥ وهو الناتج النظري لاوضاع

الطارة المذكورة في (بند ١٥٧)

وحيث كان مقدار الشغل الحقيقي للسقوط في الفرض الاخير هو ايضا

$$\text{شح} = ٨٧٨ \times ١,٧٣ = ١٥١٩ \text{ كم}$$

تكون نسبة الشغل المحرك الواصل للطارة الى الشغل الحقيقي للسقوط

$$\frac{\text{شح}}{\text{شح}} = \frac{١٥١٩}{١٧٣} = ٠,٧٠$$

فاذا فرض انها تستدعي مكرر تصحيح مقداره ٩١ ر٠ تكون ايضا ٦٤ ر٠

اي انها ليست بعيدة عن ٧٠ ر٠ بكثير

### في الطارات البطيئة ذات المدار المستدير

١٦٠١ ينتج من حسابات الفصل المتقدم انه يزداد الارتفاع بالشغل الحقيقي

للسقوط كلما بطؤ تحرك الطارة فاذا امكن صب الماء بسرعة صغيرة على الطارة

التي تدور مع غاية البطء بالفرض فان اسباب فقد الحدة المذكورة في (بند ١٣٦)

وما بعده تقل جدا ويختلف الشغل الواصل للطارة قليلا عن الشغل الحقيقي

للسقوط

للسقوط غير انه يوجد في العمل اسباب تجبر بطء تحرك الطارة على أن لا يتعدى  
 محددا معيننا لانه كلما كان تحرك الطارة بطيئا استدعت زيادة اتساع اصرف  
 حجم معين فبناء على ذلك تزداد في الثمن ويضيع جزء عظيم من الماء في المفقوت  
 بين الطارة والمدار ويستدعى بطء تحرك الطارة كثيرا من الطارات المضروسة كي  
 توصل لالات الصانعة السرعة اللازمة بوظيفتها وبذلك يزيد شغل الاحتكاكات  
 وبالجملة فقد يتفق أن بعض المقاومات الموجودة في الفوريقية تتغير تغيرا دافعا  
 فينبغي أن يكون للطارة وظيفة الطيارة ويكون لها بناء على ذلك سرعة كافية  
 لهذه الوظيفة وقد دلت التجربة على أن السرعة الموافقة التي تلزم لمحيط طارة  
 ٢١٣٠ تقريرا في الثانية الواحدة

١٦١ فإذا استعملنا في هذه الحالة نظرية (بند ١٥٨) التي يؤخذ منها  
 انه متى علمت ع التي هي سرعة الطارة وزاوية (ع د ع) واريد جعل  
 مفقود الحدة المنسوب لدخول الماء في الطارة نهاية صغيري يجعل ع =  
 ع جتا (ع د ع) فيشاهد أن الماء يصب بسرعة اصغر من ٢١٣٠  
 في الثانية الواحدة وذلك لا يعمل به وانما يعمل منفذ على صورة مصب بحيث  
 تكون سرعة ورود الماء منه الى الطارة صغيرة ما يمكن

ويمكن تغير ارتفاع مستوى توازن الماء في الحوض الاعلى فوق رأس المصب  
 بمقدار من ٢٠ الى ٢٧ - متى كان ارتفاع السقوط اكبر من متر واحد  
 وكثرة رقة العرق المنصب تستدعي اتساعا عظيما في الطارة فتفقد كمية عظيمة من  
 الماء بالمفقوت الذي بين الطارة والمدار وهذا امر لا يمكن اجتنابه ويحدث من  
 عظم سمك العرق المنصب سرعة ورود عظيمة وشغل مقاوم ناشئ من التغير  
 السريع لشدة واتجاه هذه السرعة

واذا كان ارتفاع السقوط صغيرا بالنسبة الى نصف قطر الطارة فان تغير اتجاه  
 السرعة يظهر قليلا وفي هذه الحالة اذا ازداد سمك العرق المذكور ازيدا قليلا  
 فان الضرر يكون غير ظاهر

١٦٢ وينبغي وضع الكفات على وجه بحيث لا يفقد من دخول الماء فيها

الاقليل من الشغل وقد جعلت لكفات كثير من الطارات التي عملتها صورة مستحسنة وهي مبينة في (الشكل ٥٧) واستعملها كثير من المهندسين والكفة المصنوعة بهذه الصورة مركبة من ثلاثة اجزاء مستوية احدها وهو الداخل ابتداء في الماء يكون اتجاهه مارا بالمركز الذي يلزم أن يكون مرتفعا ما يمكن عن سطح ماء الخوض الاعلى

والثاني يحدث مع نصف القطر زاوية قدرها  $٤٥^\circ$  تقريبا والثالث يكون عمودا على نصف القطر تقريبا وقد يكون بين كل كفتين كثير في السطوح من الكفات المذكورة في داخل الطائرة فراغ لاجل سهولة تحرك الهواء

وبمقتضى هذا الوضع يكون الجزء الاول من الكفات موازيا تقريبا لسرعة الماء النسبية عند وصولها الى الكفة او الى الماء الذي بدأ بالدخول فيها وتكون هذه السرعة صغيرة ما يمكن حتى لا يعتبر أن الحدة المنسوبة لاولائل الخيوط الداخلة في ككل اينة مفقودة بالكلية كما فرض ذلك نظرا في (بند ١٥٢) لان انكسار الكفات لا يمنع جزءا من الماء عن أن يرتفع الى نقطة اعلى من النقطة التي يصل اليها الجزء المذكور فيها الى الانية في تحركها

وفي هذه الملحوظة دليل على اجتناب الوضع الذي يستعمله المهندسون لاسيما اذا كان قطر الطائرة اكبر من ارتفاع السقوط وصورة هذا الوضع ان الكفات تكون موضوعة على وجه بحيث تكون اغشية عند وصولها الى توازن الماء في الخوض الاعلى

١٦٣ ويكون احتكاك الماء بالمدار المستدير مهما في الطارات البطيئة وذلك سهل الادراك وفي هذه الطارات سبب به يفقد جزء من الماء المؤثر فيها وهو المفوت الذي بين الكفات والمدار فيصغر ما يمكن باحكامه اكثرا وضبط اجزاء الطائرة بحيث لا يختل تعشقه بالمدار وذلك بان تكون اجزائها معشقة ببعضها تعشقا كليا ويكون هناك علامات بها يستدل على مطابقة محور دوران الطائرة مع محور صورة المدار

١٦٤ وفي هذا الوضع يهبط الماء الذي بين الكفات الى اسفل المدار الى موقع الرأسى المار بمحور سهم الطائرة بسرعة ضعيفة قدرها ١,٣ كسرعة الطائرة وحيث كانت هذه السرعة منسوبة لسقوط قدره من ٢,٠٨ الى ٢,٠٩ لا يمكن استعمالها للحصول تتوأ وعكس انحدار لسطح الماء كما لو كانت سرعة الماء عظيمة (انظر بند ١٣٨) الا انه لا يلزم أن يكون جزء من السقوط الكلى مستعملاً لزيادة سرعة الماء عند خروجه من الطائرة وبناء على ذلك يلزم وضع قاع المدار في نقطة تقابله بالرأسى المار بمحور الطائرة تحت توازن الماء في الخوض الاسفل بكمية مساوية لسماك الماء بين الكفات ولا ينبغي أن يكون للمدار بالابتداء من الرأسى المار بمحور الطائرة الى محل خروج الكفات الا انحدار لطيف لازم لحفظ سرعة الماء التي تساوى سرعة الطائرة ثم بعد ذلك ينبغي وصل قاع المدار بالنهر او النهرية بانحدار لطيف قدره ١,٠ في كل متر

١٦٥ ومن جملة الطارات التي جربها المهندس موران طائرة يقرب وضعها من الطارات البطيئة التي تقدم ذكرها غير أن قاع مدارها ليس موضوعاً تحت توازن الماء في الخوض الاسفل وكل كفة من كفتها مركبة من مستويين بينهما زاوية قدرها ١٠٥° تقريباً

وعرض هذه الطائرة = ٢,٩٠ م

وقطرها = ٢,٠٠ م

وقد كان في احدى التجارب حجم الماء المتصرف في الثانية الواحدة يساوى = ٦٨٧ م<sup>٣</sup>

وكانت سرعة المحيط الخارج للطائرة = ١,٦٢ م

وكان حينئذ سمك الماء بين الكفات في اسفل محور الطائرة = ١,٩ م

وكان ارتفاع توازن الماء في الخوض الاعلى فوق قاع المدار (وهو كمية اطلاق عليها المهندس موران اسم السقوط الكلى) يساوى = ٢,٠٦٥ م

وكان حينئذ السقوط الحقيقي المقيس من توازن الماء في الخوض الاعلى

الى استواء الماء في محل خروجه من الكفات يساوى  $= ٢٠٦٥ ر$  —

$$٢٠١٩ = ٢١٨٧٥$$

فكان حينئذ الشغل الحقيقى للسقوط في الثانية الواحدة يساوى

$$٦٨٧ \frac{ل}{ش} = ٢١٨٧٥ \times \frac{ش}{كم} = ١٢٩٤ كم$$

وقد وجد المهندس المذكور أن الشغل الواصل للطارة في الثانية الواحدة

$$\frac{ش}{كم} = ١١٩٣ كم$$

ومن هنا ينتج

$$\frac{\frac{ش}{كم}}{\frac{ش}{كم}} = \frac{١١٩٣}{١٢٩٤} = ٠.٩٢ ر$$

وقد كانت سرعة محيط الطارة في تجربة اخرى عملها المهندس موزان المذكور

$$٢١٥٩ =$$

تساوى

مك

$$٠.٨١٠ =$$

وكان التصرف

$$٢٠٢٢ =$$

وكان سمك الماء بين الكفات

$$٢٠٦ ر = ٢٠٢٢ ر = ٢١٨٤ ر$$

وكان السقوط الحقيقى

$$٨١٠ \frac{ل}{ش} = ٢١٨٤ \times$$

وكان حينئذ الشغل الحقيقى للسقوط

$$= \frac{ش}{كم} = ١٤٩٠ كم$$

$$١٣٨٨ كم = \frac{ش}{كم}$$

وكان الشغل الواصل للطارة في الثانية الواحدة يساوى  $\frac{ش}{كم} = ١٣٨٨ كم$

ومن هنا ينتج

$$\frac{\frac{ش}{كم}}{\frac{ش}{كم}} = \frac{١٣٨٨}{١٤٩٠} = ٠.٩٣ ر$$

١٦٦ يمكن أن يكون في التجارب المتقدمة بعض خطأ منسوب الى مقادير

المتصرف لان المهندس المذكور قد استعمل في ذلك قانون متصرف المصبات

المكشوفة ولا شك انه يصعب تسليم أن الطارة ليس لها تأثير على المتصرف

فالعواب انه لا يعتمد في العمل الاعلى نسبة قدرها ٠.٨٠ ر

وقد



وقد يتفق أن التجارب الدقيقة التي تعمل في شأن طارات محكمة تكون دالة على أن الشغل الحقيقي الواصل للطارة يزداد من تنقيص سرعتها وجعلها أقل من متر واحد في كل ثانية

لكن باعتبار زيادة كلف الطارة من جهة وزيادة الاحتكاكات الحادثة منها من جهة أخرى والتنبيه على أنه ينتهي أمر الطارة مهما كان احكامها الاصلى في المدار الى انها تنقد جزء من الماء في المفوت بين المدار والصكفات وان الماء المفقود يزداد كلما كان سيرها بطيئا يفهم ان أليق سرع الطارة تكون مساوية ٣٠ ر ١٢٠ بالاقل وقد استصوبت هذا المقدار للسرعة المذكورة بشرط ان لا يكون هنالك ما يجبر على ازديادها

١٦٧ يلزم أن يكون مقدار البعد الموجود بين كل كفتين متتاليتين من ٣٣ ر ٠ الى ٤٠ ر ٠ وان يكون فيما بينهما من الفراغ كفاية لمعظم المياه التي يراد الارتفاع بها فاذا كان حجم الماء الوارد تابعا لزم ان لا يملأ الا ثلثي الفراغ الكلى المذكور على وجه التقريب

١٦٨ وفي العادة يكون حجم الماء الوارد متغيرا بحسب الفصول فيوضع المنفذ بالصورة المبينة في الشكل المتقدم في (بند ١٦٢) وبهذه الصورة يكون للفوريقات على الدوام ارتفاع الماء الخاص به بمقتضى القوانين السياسية فاذا كان السقوط صغيرا فالأفيد استعمال القاعات المستعمارة التي تستعمل لمغارة تصرف الماء بمقتضى التجربة وفي هذه الحالة يكون حجم الماء الذي يلزم تصريفه في الغالب عظيما ولا بد وان يكون سمك العرق المنصب كبيرا عنه فيما لو كان السقوط عظيما وحيث كان دوران الطارة بطيئا فلا يكون لقانون تصرف المصبات استعمال بالكلية

١٦٩ الطارات ذات المدار المستدير توافق السقوط الصغير والمتوسط الى غاية ٥٠ ر ٢٢ أو ٣٠ ر ٠ ولا يكون قطرها أقل من ٤ م وانما يلزم ازدياده بقدر ١٠٠ ر ٢١ عن ضعف ارتفاع السقوط ان امكن ذلك

## الفصل الخامس

في الطارات ذات العلب غير المتعشقة بمدار

١٧٠ صورة هذه الطارات مبينة في (الشكل ٧٢) ولا تختلف نظرية هذه الطارات عن نظرية الطارات المتقدمة الاختلافا قليلا ويمكن أن يعتبر حجم الطائرة مقسوما إلى كثير من الاواني الصغيرة وان التيار آيل إلى خيط واحد مقسوم إلى اجزاء صغيرة داخله بالتوالي في العلب عند ورودها إلى نقطة المدخل ولنجعل  $\theta$  رمزا إلى ثقل المتصرف في الثانية الواحدة و  $\omega$  رمزا إلى ارتفاع النقطة التي يدخل منها الماء في الطائرة عن النقطة التي يخرج منها

و  $\epsilon$  رمزا إلى سرعة الماء في نقطة الدخول  
و  $\epsilon$  رمزا إلى السرعة المشتركة بين الماء والطائرة في نقطة الخروج  
و  $\theta$  رمزا إلى الشغل الواصل للطائرة في الثانية الواحدة الواقع منها حينئذ على المائع الكلي المؤثر فيها في هذا الزمن  
و  $\theta$  رمزا إلى شغل تأثير العناصر والاحتكاكات مدة الزمن المذكور فيحدث بموجب القاعدة العامة لتأثير الشغل

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (\epsilon^2 - \epsilon'^2) = \theta - \theta' - \omega$$

وباجراء الاثبات الذي تقدم في (بند ١٥٢) وجعل  $\theta$  مساويا للشغل الناتج من دخول الماء في العلب يحدث بجعل و  $\omega$  رمزا للسرعة المنسوبة للدخول

$$\theta' = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \epsilon'^2 \quad \text{و} \quad \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \epsilon'^2 = (\epsilon'^2 + \epsilon'^2 - \epsilon'^2) \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \epsilon'^2$$

وبوضع هذا المقدار في المعادلة المتقدمة عوضا عن  $(\theta')$  يحدث

$$\theta = \theta' + \omega = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \epsilon'^2 + \omega (\epsilon'^2 - \epsilon'^2)$$

وتطبق هذا القانون على طائرة معينة يقتضى انه لا بد وان يعرف

أولا نقطة الدخول التي يأخذ الماء فيها سرعة الطارة وهي موجودة في داخل الطارة لا على محيطها

وثانيا نقطة الخروج وهي نقطة فرضية كنقطة الدخول المذكور حيث أن العلبة لم تنفرغ دفعة واحدة

١٧١ وفي القواعد العامة من علم الميكانيكا كفاية في ادراك النتائج التي نذكرها فنقول

أولا يلزم لأجل أن تكون الطارة اعظم تأثيرا أن تكون سرعتها صغيرة جدا لأن هذه السرعة هي سرعة الماء عند خروجه من الطارة وهي منسوبة إلى ارتفاع سقوط مفقود بالنسبة للطارة ويظهر أنه يحدث من السرعة المساوية لمتر واحد من محيط الطارة اعظم نتيجة لكنه لا يلزم أن يخشى من ازدياد الفقد الحادث من سرعة اعظم من متر واحد لأنه لا يحدث من سرعة مترين من محيط الطارة مثلاً إلا ارتفاع مفقود قدره ٤٠ و ٢٠ وهو ارتفاع ليس لمقداره اعتبارا كليا عظم ارتفاع السقوط الكلي

وثانيا أن الطارات ذات العلب المعروفة بالطارات الفوقية التي تتلقى الماء في رؤسها بسرعة اعظم من سرعة الكفات بيسير احسن من الطارات التي تأخذ ماءها في نقطة اخفض من رؤسها إلا أنه ينبغي لذلك أن يكون مستوى توازن الماء في الحوض الاعلى ثابتا تقريبا وأن يكون رأس الطارة موضوعا على ارتفاع صغير قدره ٢٠ و ٢٠ تقريبا تحت مستوى توازن الماء في الحوض المذكور ويلزم في هذه الحالة أن يكون قاع الحوض الاعلى (الذي يوصل الماء إلى الطارة) منتهي برقعة معدنية قريبة جدا من الطارة وموضوعة على بعد قدره ٤٠ و ٢٠ خلف الرأس المار بمحور الطارة وأن تكون جوانب الحوض ممتدة امام رأس الطارة بقدر ٨٠ و ٢٠ فإذا تغير مستوى توازن الماء في الحوض الاعلى تغيرا كبيرا فإن النوع الثاني من هذه الطارات يكون مستحسنا وإن كان الماء يشق عند دخوله به جزء عظيم من ارتفاع السقوط ويترك العلب على ارتفاع يزداد في الطارات البطيئة بالنسبة لاقطارها

والثانيه يلزم حساب صورة العلب بحيث يسهل دخول الماء في الطارة ويتبقى بها الى القرب من الحوض الاسفل ولا بد في الطارات الفوقية أن يكون سمك تاج العلب في جهة القطر صغيرا (مثل ٢٥ ر ٢٠ أو ٢٨ و ٢٠) كي يشرع الماء في التأثير بثقله من اعظم ارتفاع او تصغر السرعة النسبية للماء عند دخوله في العلب مهما امكن ويمكن أن الطارة التي لمحيطها سرعة قدرها من ٣٠ ر ٢١ الى ٤٠ ر ٢١ يصرف كل متر من وسعها كمية من ٧٠ ليتر الى ١٠٠ في الثانية الواحدة

ورابعاً أن الطارات ذات العلب لا ينبغي أن تكون مغمورة بالماء في الحوض الاسفل واذا حصل ذلك فلا بد أن يكون مع الفائدة يلزم أن يعشق الجزء الاسفل منها بحدار يمنع الماء عن الخروج منها وأن يركب على كل علبة سقاطة في الجهة المقابلة لداخل الطارة ليكن دخول الهواء في هذه الطارة بواسطة السقاطة المذكورة متى خرج منها الماء

١٧٢ ويؤخذ من تجارب متنوعة عمات في الطارات ذات المقلب البطيئة أن نسبة الشغل الواصل للطارة الى الشغل الحقيقي للسقوط تبلغ ٧٥ ر ٠ وقد تبلغ ٨٠ ر ٠

١٧٣ وقد تستعمل لاسيما في ورش الحدادة طارات ذات علب فوقية لها سرعة عظيمة تفقد جزءاً عظيماً من السقوط وتجبر الرأس على أن تكون منخفضة بالكلية عن مستوى توازن الماء في الحوض الاعلى وفي هذه ينبه على أن سطح الماء في العلب لا يكون افقياً تقريباً كما يمكن تسليم ذلك عند بدء دوران الطارة ولا بد من معرفة الصورة التي تكون للسطح المذكور لانه يتعين بها اعظم حجم من الماء يمكن احتواء العلبة عليه في كل من اوضاعها وكذلك تتعين بها النقطة التي تبدأ منها العلبة بالتفريغ (ما لم يكن التفريغ ممنوعاً بحسب تقدير يقوم مقام المدار المستدير من ابتداء دخول الماء في الطارة الى النقطة الاعظم انخفاضا من نقط الطارة)

ويمكن ايجاد هذه الصورة بكيفية تقريبية كما افاده المهندس يونسليه وذلك

لانه

لأنه يعتبر الماء المنظروف في علبة ساكنة  $\frac{شبه ثقل}{ثقل}$  وناسبيا في زمن صغير جدا  
 وحينئذ ترسم نقطة من سطح الماء في العلبة دائرة بتحريك منتظم فاذن يكون  
 مقدار محصلة القوى الواقعة على النقطة المذكورة  $ك = \frac{شبه ثقل}{ثقل}$   
 وتكون متجهة الى جهة المركز بجعل  $ش$  رمزا الى ثقل النقطة المادية و  $ثقل$   
 رمزا الى بعدها عن المركز و  $يه$  رمزا الى السرعة الزاوية للطارة وحيث  
 كانت مركبتا المحصلة المذكورة هما  
 أولا ثقل النقطة المادية وهو قوة رأسية

وثانيا المقاومة ه الحادثة للنقطة المذكورة من النقط المحيطة بها وهي قوة  
 عمودية على سطح الماء كما في (شكل ٥٨) وليكن  $م ر$  رمزا الى اتجاه  
 هذه القوة العمودية و  $ر$  رمزا الى نقطة تقابلها بالرأسى المار من مركز الطارة  
 وهو  $ح$  فتكون الاضلاع  $م ح$  و  $ح ر$  و  $م ر$  الثلاثة موازية  
 للمحصلة  $ك$  ولركتبيها وهما  $ش$  و  $ه$  كل لنظيره فاذن  $ش : ك$   
 مناسبة لها وحينئذ يحدث  $ح ر : م ح :: ش : ك$

وحيث كان  $م ح = ثقل$  و  $ك = \frac{شبه ثقل}{ثقل}$  ينتج  $ح ر = \frac{شبه ثقل}{ثقل}$   
 وهي كمية لا تتعلق بالبعد  $ثقل$  ولا بوضع العلبة

وبناء على الفرض التقريبي الذي تقدم ذكره يكون سطح الماء في علبة ما  
 اسطوانيا ويكون له قطع مستدير مركزه موجود في النقطة  $ر$  الثابتة المعينة  
 بواسطة البعد  $ح ر = \frac{شبه ثقل}{ثقل}$

فاذا كان قطر الطارة مثلا يساوي  $م٣$  وسرعة محيطها تساوي  $م٤$   
 يحدث

$$يه = \frac{م٤}{م٣} \text{ ومن ذلك يحدث } ح ر = \frac{٩ \times ٩,٨١}{٦٤} = ١,٣٨$$

ويسهل بواسطة عملية رسمية واستعمال قانون المهندس توماس سامسون  
 حساب الشغل المنسوب لثقل الماء من نقطة مبدء الانصباب من العلبة الى



## الفصل السادس

في الطارات الأفقية ذات الكفات المنحنية التي يدخل فيها الماء بسرعة عظيمة ويهبط فيها مع بقاءه على بعد ثابت من المحور (وهي طارات أولير) ١٧٤ الطارات الأفقية التي تدور حول محور رأسي على أنواع متعددة ومن هذه الأنواع النوع المتحرك بالمصادمة وهو المبين (في شكل ٧٣) بمسقط رأسي ومسقط أفقي فالماء يرد اليها من الجري مم على كفاتها لك فتدور على سهمها ١١ المرتكز على كتلة أفقية مثبتة في برواز يتحرك بساق ق محلز من طرفه الأعلى ومتصل من طرفه الأسفل بالبرواز الذي يدور بمفصلات ف وبذلك يمكن رفع الطائرة وخفضها يسيرا بمثل خفاف الطاحون كما يتبين ذلك من الشكل ويشاهد بالسهولة أن هذه الطارات مشابهة للطارات الرأسية ذات المدار المستوي من جهة كونها تنفذ كمية عظيمة من الشغل الحقيقي للسقوط وبهذا الداعي ضربنا عنها صفحا ولم نتكلم عليها

ومنها النوع المتحرك بالضغط وهو المبين في (شكل ٧٤) بمسقط رأسي ومسقط أفقي ويرد اليه الماء من حوض ح ح وينزل بين جميع الكفات ك كما هو مبين في الشكل فتدور حول سهمها ١١ المرتكز على كتلة أفقية تتحرك بمفصلة بواسطة ساق ث لاجل رفعها وخفضها يسيرا ويصرف الماء من أسفلها في حوض الصرف الذي مستوى توازن الماء فيه د د وأما توازن الماء في حوض الورود فوق الطائرة فهو كما هو مبين في الشكل د د

وهذا النوع يدخل فيه الماء بدون أن يحصل لسرعته تغير سريع والاولى أن يسمى هذا النوع بالطارات المتحركة من غير مصادمة لان الماء اواى جسم لا يحدث وظيفة التحريك في آلة الا بالضغط ولذا ذكر كثيرا من افراد هذا النوع الاخير مبتدئين بالطارة التي يدخل فيها الماء بسرعة عظيمة ثم يهبط فيها مع بقاءه على بعد ثابت من المحور فنقول اما شكل ٧٥ فهي صورة الطائرة المذكورة متقنة

الصناعة ويرد لها الماء من المجرى رج وينصب في صندوق اسطوانى ثابت  
أب ح د فينظر فبينه وبين صندوق اسطوانى آخر ثابت هـ ف ومن ذلك  
الصندوق يخرج الماء من المنافذ ى المصنوعة بأسفله وينصب في كفات  
الطارة ط التى تدور من تأثير الماء على محورها وو

١٧٥ تتركب الطارة المائية المذكورة من عدة كفات منحنية محصورة بين  
مستويين أفقيين وسطحين اسطوانيين مستديرين متجهدين في المحور مع الطارة  
ويمكن أن يتصور أن سطح الكفة حادث من تحرك مستقيم أفقى باعتماده على  
محور الطارة وعلى منحن مرسوم على احد السطحين الاسطوانيين ويكون وضع  
الطارة كما ذكرنا تحت حوض يخرج منه الماء بواسطة عدة عظيمة  
من الانابيب المائلة المنفرجة المدخل وبذلك يدخل الماء في الطارة من المنافذ  
العليا للفراغ الكائن بين الكفات ويخرج من المنافذ السفلى للفراغ المذكور  
ويمكن وضع الآلة بحيث تكون محققة للشروط الاربعة اللازمة لقابل مائى  
مضبوط جداً وهى

أولاً أن يهبط الماء من الحوض الاعلى الى أن يدخل في الطارة بدون أن يحصل له  
شغل مقاوم معتبر

وثانياً أن يدخل الماء في الطارة بدون أن يصادمها

وثالثاً أن لا يكون له عند خروجه من الطارة واجتماعه في حوض الماء الاسفل  
الاسرعة الحقيقية صغيرة جداً

ورابعاً أن يتحرك على صورة خيوط متوازية تقريباً بالابتداء من وقت دخوله  
الى وقت خروجه بحيث لا ينشأ عن تأثيراته العنصرية شغل مقاوم معتبر ولنوضح  
هذه الشروط فنقول

### الشرط الاول

١٧٦ لاجل استيفاء هذا الشرط يلزم أن تكون موصلات صب الماء  
على الطارة منفرجة المدخل من جهة الحوض الاعلى لاجل اجتناب الشغل  
المقاوم الذى يحدث في مبدأ الانابيب الاسطوانية والمنشورية

## الشرط الثامن

١٧٧ لاجل استيفائه يفرض أن وسع الكفة صغير جدًا ويعتبر عنصر مادي من عناصر المائع عند دخوله للطارة من النقطة  $\alpha$  كما في (الشكل ٥٩) وليكن  $h$  سرعة الماء وهذه السرعة مبينة شدة واتجاهها بالمستقيم  $ah$  المماس للأسطوانة التي يوجد عليها منحنى الكفة  $ab$  و  $u$  الزاوية الحادة  $mah$  الحادثة من هذه السرعة مع الاق  $u$  و  $e$  سرعة الكفة وهذه السرعة مبينة شدة واتجاهها بالمستقيم  $am$  فتكون السرعة النسبية للطارة محصلة للسرعة  $h$  ولسرعة مساوية ومضادة للسرعة  $e$  ومبينة بالمستقيم  $ak$  ولتكن  $u$  شدة هذه المحصلة و  $\alpha$  اتجاهها المساوي للمستقيم  $am$  والموازي له فيحدث

$$u^2 = h^2 + e^2 - 2he \cos \alpha \quad (1)$$

والاتجاه  $\alpha$  هو الذي يلزم أن يكون للجزء الاقل من الكفة لاجل استيفاء الشرط الثاني

## الشرط الثالث

١٧٨ بهبوط العنصر المائع المذكور على المنحنى  $ab$  يكتسب بالتناقل ازديادا في السرعة ولا يحدث شغل تام من القوة المبعدة عن المركز التي يلزم اعتبارها على العموم في التحرك المستدير بمقتضى النظرية المقررة في الباب الرابع من علم الميكانيكا العمومية لان المحرك يكون دائما على بعد واحد من محور الدوران

وليكن  $u$  السرعة النسبية للعنصر المحرك المذكور على الكفة عند وصوله الى النقطة  $b$  و  $u'$  السمك الرأسى للطارة فيحدث معنابقطع النظر عن الاحتكاك  $u^2 = u'^2 + v^2$  (٢)

وليكن  $h$  السرعة الحقيقية للمائع عند خروجه من النقطة  $b$  وهذه السرعة المبينة بالمستقيم  $bh$  هي محصلة السرعة  $u$  المبينة بالمستقيم

بَنَ والسرعة ع التي هي سرعة الطائرة والميمنة بالمستقيم بَم = ام  
ولیکن ے الزاوية الحادة الحادثة من الكفة مع الافق في النقطة بَ فيحدث

$$هَ = وَا + ع - ٢ و ع جتا ے (٣)$$

ولا يمكن ان تكون هذه الكمية معدومة بالكمية وانما تقرب من صفر كلما  
صغرت الزاوية ے فاذا كانت ے صغيرة جدا فان هَ تكون كذلك  
متى جعل وَا = ع ولنفرض حينئذ أن

$$وَا = ع (٤)$$

### الشرط الرابع

١٧٩ يستوفي هذا الشرط اذا لم يحدث للماء اختناق من الجري المتكون  
من كفتين متتاليتين ويسهل عدم الاختناق بابعاد الاسطواناتين المحتويتين على  
الكفات ابعادا كبيرا كافيا

١٨٠ وتستعمل المعادلات الاربعة المتقدمة في حساب انشاء الطائرة فيجمع معادلة

$$(١) الى معادلة (٢) وجعل وَا = ع يحدث$$

$$هَ + ٢ ح ٢ - ٢ هَ ع جتا ے = ٠$$

وينتج من ذلك أن

$$ع = \frac{هَ + ٢ ح ٢}{٢ هَ جتا ے}$$

فاذا كانت موصلات الماء الى الطائرة منفرجة المدخل كما يمكن حصول ذلك  
فان  $\frac{هَ}{٢}$  تكون مساوية تقريبا للارتفاع الموجود بين مستوى توازن  
الماء في الحوض الاعلى وبين المستوى الاعلى للطائرة ولنجعل دَ رمزا الى  
هذا الارتفاع فتكون الكمية هَ + ٢ ح ٢ بعد قسمتها على ٢  
مساوية تقريبا لارتفاع السقوط دَ + ٢ محسوبا من مستوى توازن  
الماء في الحوض الاعلى الى مستوى الطائرة الاسفل وليكن دَ رمزا الى  
الى هذا الارتفاع المساوي دَ + ٢ فيحدث

$$\text{ع} = \frac{\text{د}}{\text{جنا ٢ د}} \quad \text{او}$$

$$(٥) \quad \frac{١}{\text{جنا ٢}} \times \frac{\text{د}}{\text{د}} = \frac{\text{ع}}{\text{د}}$$

فإذا كان د معلوما فإنه يمكن أن يعين مع الاختيار اثنتان من الكميات  
 ع و د و ع الثلاثة وليكن مثلا  $\text{ع} = ٤٥^\circ$  أو جتا  $\text{ع} = \frac{١}{٣}$   $\text{د} = \frac{٣}{٤}$  فيستنتج من ذلك

$$\text{ع} = \text{جنا ٢ د} \times \frac{\text{د}}{\text{د}} = ٨١٦ \cdot \text{جنا ٢ د}$$

١٨١١ وحيث تعين مقدار ع أو د يتحصل مقدار ه بواسطة  
 معادلة (٣) التي تؤول باعتبار أن  $\text{و} = \text{ع}$  الى

$$\text{ه} = ٢ \text{ع} (١ - \text{جنا ٢}) \quad (٦)$$

وليكن مثلا  $\text{ع} = ٢٥^\circ$  أو جتا  $\text{ع} = ٠.٩$  فيجد

$$\text{ه} = ٢ \cdot ٠.٩ \text{ع}$$

ويستخرج من فرض المثال المتقدم

$$\frac{\text{ه}}{\text{د}} = ١٣٣ \cdot \text{د}$$

ومن هنا ينتج أن الشغل المحرك الواصل للطارة يكون في الفرض المذكور  
 ٨٦٧. من الشغل الحقيقي للسقوط بفرض مستوى الطارة الاسفل منطبقا  
 على مستوى توازن الماء في الحوض الاسفل

١٨٢١ ويكون مقدار الشغل الواصل للطارة عظيما كلما صغرت السرعة ه  
 وبإبدال ع في معادلة (٦) بمقدارها المقرر في معادلة (٥) يحدث

$$\frac{١ - \text{جنا ٢}}{\text{جنا ٢}} \times \frac{\text{د}}{\text{د}} = \frac{١}{\text{د}} \times \frac{\text{ه}}{\text{د}}$$

وبشاهد أن هذه الكمية التي هي النسبة الحاصلة بين مفقود الشغل والشغل  
 الحقيقي للسقوط تتناقص كلما تزايد د أو تناقص د الذي هو سمك الطارة

وصغرت



وضغرت الزاوية  $\epsilon$  ولأجل اتقان هذه الطارات يحتاج الى تجارب تدل على الحدود الاكثر موافقة لمقدار النسبة  $\frac{1}{3}$  ولقد ادى الزاويتين  $\epsilon$  و  $\epsilon'$  ولمسكرات التصحيح التي يجب ادخالها في القوانين لأجل تصحيحها بالنظر الى الاحتكاكات

ثم أن المهندس أولير قد عين وضع هذه الطارة في سنة ١٧٥٤ من الميلاد ووضع المهندس بوردا النظرية المتعلقة بذلك في سنة ١٧٦٧ مسيحية وعرضه نافير وبوردان ومع ذلك فهذه الطارة التي يظهر انها قابلة لتنتائج عظيمة تحتاج ايضا الى بعض معارف جيدة ومحققة بالعمل فيما يتعلق بالمنافذ

### الفصل السابع

في الطارات التي يدخل فيها الماء بسرعة عظيمة ثم يهبط فيها  
آخذاً في القرب من المحور (وهي شبيهة سابقتها)

١٨٣ يمكن جعل الفراغ الموجود بين كل كفتين من الطارة على وجه به يخرج الماء من نقطة مختلفة اقرب الى المحور من نقطة الدخول وليكن كما في الحالة المتقدمة  $h$  رمز السرعة الحقيقية للماء عند دخوله في الطارة و  $e$  رمز السرعة الحقيقية للطارة في نقطة الدخول و  $\epsilon$  رمز الزاوية الحادثة من هاتين سرعتين و  $\omega$  رمز السرعة النسبية للماء عند دخوله في الطارة فيكون اتجاه السرعة  $\omega$  هو الذي يلزم أن يكون للجزء الاول من الكفة وتكون شدة  $\omega$  معينة كما في الحالة المتقدمة بهذه المعادلة

$$\omega = h + \epsilon - \omega \quad \text{جنا } \epsilon \quad (١)$$

١٨٤ وفي مدة تحرك الماء في كفات الطارة تكون تغيرات الحدة في التحرك النسبي تابعة لتغيرات الحدة في التحرك الحقيقي انظر (بند ١٧١) من علم الميكانيكا العمومية بحيث تعتبر زيادة على القوى الحقيقية (وهي الشاغل وتأثير العناصر على بعضها ومقاومة الكفة) القوة المبعدة التي شدتها  $m$  به  $\epsilon$  في كل نقطة مجسمها  $m$  وبعدها  $s$  عن محور الدوران بحمول  $y$

رمزاً الى السرعة الزاوية للطارة فاذا تقرر ذلك فلنطبق على النقطة المادية المائعة قضية تأثير الشغل فاذن يحدث معنا بمقتضى هذه القضية وجعل و رمزاً الى السرعة النسبية في نقطة الخروج أن ازدياد الحدة النسبية يكون

و رمزاً الى السرعة النسبية في نقطة الخروج أن ازدياد الحدة النسبية يكون

$$(y - y') \approx \frac{1}{r}$$

وحيث اهل الاحتكالك وكان شغل مقاومات الكفة معدوما بسبب انها عمودية  
على السرعة النسبية لا يعتبر الا قوتان احدهما التشاقل وشغلة م ح د  
وثانيهما القوة المبعدة وشغلها كما في هـ فاس وهو تكامل ما اخوذ  
من نصف القطر ن ق الذي هو نصف قطر نقطة الدخول الى ن ق الذي هو  
نصف قطر نقطة الخروج ومقداره

$$\frac{1}{r} m \text{ به } (نق^2 - نق^4) \text{ أو } \frac{1}{r} m (ع^2 - ع^4)$$

يجعل ع السرعة الحقيقية للطائرة في نقطة الخروج فاذن يحدث

$$\frac{1}{r} m (\dot{r} - \dot{r}') + m = \frac{1}{r} m (\dot{r} - \dot{r}') + m$$

$$(r) \quad s_2 + r + r' - r' + r = r$$

ولنجعل الآن  $\epsilon$  رمزاً للزاوية الحادة الحادثة من السرعة  $\omega$  التي هي سرعة الجزء الأخير من الكفة مع مماس الدائرة التي ترسمها نقطة الخروج فيحدث معنا كما تقدم في الفصل السادس مقدار السرعة  $\dot{\epsilon}$  الحقيقية للماء عند خروجه بواسطة معالة

$$(۳) \quad \dot{و} + \dot{ع} - ۲ \dot{و} \dot{ع} \dot{ج} = \dot{و}$$

ويلزم أن تكون هذه السرعة صغيرة ما أمكن وبذلك يجعل جتا  $\epsilon$  قريبا

من الواحدة و  $\omega = \omega'$  وبهذا الفرض تؤول معادلة (٢) الى

$$\bullet = s \geq r + r_2 - 1,$$

فحينئذ تكون الارتباطات التي بين الكميات هـ و و و و جتا ع

عین الارتباطات المتقدمة فی طارة اولیر ویتحصل ایضاً من ضم معادلة (۱)

الى معادلة (٢)

$$٥ + ٢ - ٥ = ٢$$

ومن هنا ينتج

$$\frac{٥ + ٢}{٥} = ٢$$

او

$$\frac{٥}{٥} = ١$$

١٨٥ والفرق بين هذه الطارة والمتقدمة وان كانت احوالهما واحدة أن  
نق في هذه اذا كان اصغر من نق في تلك فان سرعتين و هـ  
يكونان صغيرتين عن مقدارهما في الحالة المتقدمة غير انه يصعب تحقيق هذه  
الفائدة بالعمل لانه كلما صغرت السرعة النسبية التي تعينت بالحساب انقازم  
لاجل استعمال النظرية المتقدمة ان يزداد قطع الفراغ السكائن بين كل كفتين  
ولا بد لصانع الطارات من بعض تجارب في هذا الشأن لكي يزداد نفعها

## الفصل الثامن

في الطارات التي يتحرك فيها الماء تحركاً انسياً (وهي طارات نور نيرون)  
١٨٦ تتركب هذه الطارات كما في (شكل ٧٦) من رقعة مستديرة أ  
مثبتة بأسفل السهم د وتكون هذه الرقعة في العادة من الحديد الزهر ينحصر  
بينها وبين الرقعة الخلفية ج كفت رأسية ب ب فالماء المحرك للطارة  
يرد من صندوق اسطوانى ثابت هـ وينحصر بينه وبين باب الصرف  
المستدير ر ر وبين الاسطوانة المركزية ف ف التي يمر بفراغها سهم  
الطارة ويكون للرقعة ج ج المثبتة بالاسطوانة المركزية سطوح منحنية تجبر  
الماء على الورد في الكفت بزاوية معينة فعند ما يراد تحريك الطارة  
أوقفها برفع باب الصرف ر ر أو يغلّق بواسطة ثلاثة سوق ث ث مثبتة  
من أسفلها بالباب المذكور ومحلاة من اطرافها العليا التي تبين بثلاث ماوى  
هي سرر لثلاث طارات مخرسة ق تتصل اضرارها بالطارة م المعروفة

بالبطالة في الصنایع بمعنى انها تلف حول سهمها بدون أن تؤثر فيه اذا تقرر  
هذا سهل ادراك حركة باب الصرف التي تحصل من تحرك الطارة م  
بكيفية ما

وبين هذه الطارات والطارات التي تقدم ذكرها (من بند ١٨٣ الى بند ١٨٤)  
مشابهة عظيمة ولا تخالفها الا في امرين احدهما أن الماء في هذه يتحرك افقيا بدل  
أن يهبط في الكفات وثانيهما أن هذه الطارة من حيث انها مغمورة في الحوض  
الاسفل فالقراغ الموجود بين كل كفتين يكون مملوا بالماء وحيث كان قطع  
القراغ العرضي متغيرا لا يمكن ان يفرض أن الضغط ثابت بين العناصر السائلة  
فحينئذ لا يمكن اعتبارها متحركة كالمو كانت مفترقة عن بعضها  
ولان ذكر هنا الا الحالة البسيطة التي يكون فيها باب الصرف مرفوعا بكمية  
مساوية لبعد الرقتين الاقويتين اللتين تنحصر بينهما كفات الطارة ونسلم بناء  
على ذلك أن الماء يجري بدون أن يحصل لسرعته تغير دفعي ثم نقطع النظر عن  
الاحتكاكات والتأثيرات العنصرية والتأثير الحاصل من المفوت الموجود بين  
المنفذ والطارة

وانجعل ه رمز السرعة الحقيقية لحيط مائع عند خروجه من المنفذ ودخوله  
في الطارة من النقطة ١ و د رمز الى ارتفاع الماء في الحوض الاعلى  
فوق النقطة ١ المذكورة

و ضه رمز الضغط المائع الواقع على كل متر مربع في النقطة المتقدمة  
و ضبه رمز الى ضغط الجو فيحدث بقطع النظر عن الاحتكاكات

$$\frac{v^2}{2g} = d + \frac{z_h - z_b}{\rho} \quad (1)$$

وايكن اح كما في (شكل ٦٠) مستقيما د الاشدة واتجاهها على السرعة  
ه و ام مستقيما آخذ الاشدة واتجاهها ايضا على ع التي هي سرعة  
الطارة في النقطة ١ فيستخرج من ذلك المستقيم ان المبين لاتجاه وشدة  
السرعة النسبية و للماء عند دخوله بالطارة بواسطة معادلة

$$٢ = ٥ + ٢ - ٢ ه ع جتا ٤ (٢)$$

التي فيها ٤ رمز للزاوية م ا ح .

ولاجل اجتناب مصادمة الماء للطارة يلزم ان يكون للجزء الاول من الكفة الاتجاه ان للسرعة النسبية و ولجعل الاثن و رمز للسرعة النسبية للماء عند خروجه من النقطة ب التي هي احدى نقط الطارة و ع رمز لسرعة الطارة في النقطة ب المذكورة و د رمز الارتفاع هذه النقطة تحت مستوى توازن الماء في الحوض الاسفل

فيؤخذ من ذلك ان ضغط المائع في النقطة ب يكون ضه + طء اذا تقرر هذا فلتطبق على خيط المائع اب قضية تأثير الشغل في التحرك النسبي لمحاو ورتدور بالسرعة به الزاوية فلذا تحلل الخيط اب الى عدد عظيم جدا من مجسمات متوالية يساوي كل منها م ونعتبر الزمن الصغير الذي ينتقل فيه احد المجسمات المذكورة من وضعه الى وضع الجسم الذي يليه فيكون في هذا الزمن ازدياد حدة الخيط

$$\frac{1}{4} م (٢ - ٢)$$

ويكون شغل الضغط الخلفي مساويا ضه مضروبا في الحجم الحادث من القطع الخلفي للخيط وهذا الحجم هو  $\frac{٢}{ط}$  وحينئذ يكون الشغل المذكور  $\frac{٢}{ط} ضه$

ويكون شغل الضغط الامامي ايضا  $\frac{٢}{ط} (ضه + طء)$

فاذن يكون مجموع شغلي الضغطين  $٢ م (\frac{ضه - ضه}{ط} - س)$

ويكون شغل القوة المبعدة على احد المجسمات م الصغير م يه س فاسه يجعل س رمز البعد الجسم المذكور عن محور الدوران في مبدأ الزمن ن الصغير جدا و س + فاسه رمز البعد الجسم الموجود امامه المنقول الى وضعه فاذن يكون هذا الشغل بالنسبة الى الخيط اب بتمامه

$$\frac{1}{4} م يه (نق - نق) أو \frac{1}{4} م (ع - ع)$$



ويكون شغل التناقل على المحيط معدوماً لكون تحركه اقترافاً يحدث معنا حينئذ

$$\frac{1}{r} m (w^2 - w'^2) = m \left( \frac{v^2 - v'^2}{r} + \frac{1}{r} m (e^2 - e'^2) \right) \text{ أو}$$

$$(3) \quad \frac{w^2 - w'^2 + e^2 - e'^2}{r} = \frac{v^2 - v'^2}{r}$$

وحيث كانت السرعتان  $e$  و  $e'$  مناسبتين لنصفى القطرين  $نق$  و  $نق'$  اللذين هما نصفاً قطري محيطى الطارة الداخل والخارج يحدث

$$(4) \quad e \cdot نق = e' \cdot نق'$$

وينتج من عدم قبول الماء للضغط ودوام التحرك معادلة خامسة وبيان ذلك أن يأخذ بالابتداء من النقطتين  $ا$  و  $ب$  القوسان  $اا'$  و  $بب'$  الصغيران سجداً المرموز إليهما بالعرضين  $ل$  و  $ل'$  والمناسبان لنصفى قطريهما وهما  $نق$  و  $نق'$  فينتج من تساوى الجمين المتصرفين من القطعين المائلين اللذين قاعدتهما القوسان  $ل$  و  $ل'$  معادلة

$$ه \cdot ل \cdot جا \epsilon = و \cdot ل' \cdot جا \epsilon'$$

اوانه يحدث بإبدال  $ل$  و  $ل'$  بنصفى القطرين  $نق$  و  $نق'$  المناسبين لهما

$$(5) \quad ه \cdot نق \cdot جا \epsilon = و \cdot نق' \cdot جا \epsilon'$$

فينتج أخيراً من شرط حصول النهاية الكبرى للشغل الواصل للطارة بالنظر الى صغر الزاوية

$$(6) \quad و = ع$$

١٨٧ ولنستخرج من حل المعادلات الستة المتقدمة بالطرق الجبرية نتائجها وهى

انه اذا اضيفت معادلة (١) الى معادلة (٣) وجعل فى مجموعهما  $و = ع$  وجعل  $د$  رمزاً الى الارتفاع الكلى للسقوط  $د = د'$  يحدث

$$(7) \quad د = \frac{و^2 - ع^2 + ه^2}{2r}$$

وبمزج

وبمخرج هذه المعادلة بمعادلة (٢) يحدث

$$(٨) \quad ٥ \text{ ع جتا } \frac{د}{٢}$$

وينتج من المعادلات الاربعة البسيطة وهى (٤) و (٥) و (٦) و (٨) معادلة

$$(٩) \quad \frac{\text{ظا } \frac{د}{٢}}{\text{جا } \frac{د}{٢}} = \frac{\text{ع } \frac{د}{٢}}{\text{جا } \frac{د}{٢}}$$

ولنجعل  $٣٦^\circ = \text{ع}$  و  $٢٥^\circ = \text{ظا}$  مثلاً فيحدث

$$\frac{\text{ع } \frac{د}{٢}}{\text{جا } \frac{د}{٢}} = \frac{١}{٢} \times \frac{٧٣}{٤٣} = ٠.٨٧ \text{ د أو}$$

$$\text{ع} = ٩٣.٠٧ \text{ د}$$

وذلك يكون مقدار سرعة محيط الطائرة الخارج بواسطة ارتفاع السقوط لو امكن تحقيق الفروض المتقدمة

١٨٨. ويتحصل بواسطة معادلة (٩) مقدار السرعة  $٥$  الحقيقية للماء عند خروجه من الطائرة كما تقدم في (بند ١٨١) وذلك بان يجعل  $و = \text{ع}$  في معادلة  $٥ = \text{و} + \text{ع} - ٢$  و  $\text{ع جتا } \text{ع}$  فيحدث

$$\frac{\text{ع } \frac{د}{٢}}{\text{جا } \frac{د}{٢}} = \frac{\text{ع } \frac{د}{٢}}{\text{جا } \frac{د}{٢}} (١ - \text{جتا } \text{ع})$$

$$\frac{\text{ظا } (١ - \text{جتا } \text{ع})}{\text{جا } \text{ع}} = \frac{\text{ع } \frac{د}{٢}}{\text{جا } \frac{د}{٢}}$$

وباستعمال الفروض التى جعلت امثلة فيما تقدم يحدث

$$\frac{\text{ع } \frac{د}{٢}}{\text{جا } \frac{د}{٢}} = ٠.٢ \times ٠.٨٧ \text{ د} = ٠.١٧ \text{ د}$$

ومن هنا ينتج بقطع النظر عن تأثير الاحتكاكات ومقاومات اخر مهملة أن الشغل الواصل للطائرة يكون  $٨٣$  من الشغل الحقيقى للسقوط ١٨٩. ولتسبب بناء على الفرض المتقدم حجم ه المتصرف فى الثانية

الواحدة فتجعل ح د الأعلى انفراد المحيط المستعمل قاعدة لمنافذ التصريف  
وتجعل ايضا ر د الأعلى بمكان الطارة من داخلها فيحدث ه = ح -  
جا ع × ه

ويتحصل من معادلات (٨) و (٤) و (٩)

$$\frac{5}{23} \times \frac{4}{23} \text{ جتا } ع = \frac{1}{2} د \left( \frac{نق}{نق} \right)^2$$

$$\text{او } \frac{5}{23} \times \frac{1}{2} د = \frac{\text{جا ع جتا ع}}{\text{جا ع}} = \frac{1}{2} د \left( \frac{نق}{نق} \right)^2$$

$$\text{او } \frac{5}{23} = د \frac{\text{جا ع}}{\text{جا ع}} \left( \frac{نق}{نق} \right)^2$$

$$\text{فاذا جعل } ع = ٢٥^\circ \text{ و } ع = ٣٦^\circ \text{ و } \frac{نق}{نق} = ١.٢$$

تحصل

$$\frac{5}{23} = ٠.٦٤ د \text{ او } ٠.٨٠ د = ٢.٣$$

ومن هنا يستخرج المتصرف ه

١٩٠٠ بواسطة القوانين المتقدمة مع فرض ابعاد الطارة معلومة وكذلك  
نسقوطها يمكن بناء على الفروض المسئلة حساب حجم الماء الذي يتصرف من هذه  
الطارة المذكورة عند ما تكون ابواب التصريف مرفوعة بالكلية والسرعة  
التي تأخذها الطارة والشغل الذي يصل اليها لكنه يلزم اعتبار أن المقاسومات  
المهملة في النظرية المتقدمة تغير هذه النتائج وبالعامل يتعين الخطأ  
وقد اظهر المهندس مورال في سنة ١٨٣٨ مسيحية تجارب عملها في شأن  
طارتين متغايرتين انشأهما المهندس فورنيرون فاستبان من هذه التجارب  
أن النهاية الكبرى للشغل الواصل في احدى الطارتين المذكورتين ٦٩ ر.  
وفي الاخرى ٧٩ ر. من الشغل الحقيقي للسقوط وكانت فتحة المنفذ مساوية  
تقريباً بعدد رعدة الطارة وفي هذه الحالة توجد المهندس مورال المذكور

$\overline{٥} = ٧٥ ر. ٧ ٢ د$  عوضا عن  $\overline{٥} = ٨٠ ر. ٧ ٢ د$   
 ثم وجد ع التي هي سرعة المحيط كانت في إحدى الطارتين  
 تساوي  $\overline{٨٠ ر. ٧ ٢ د}$  وفي الأخرى  $\overline{٨٠ ر. ٧ ٢ د}$  عوضا  
 عن  $\overline{٩٠ ر. ٧ ٢ د}$

وبهذه النتائج يمكن عمل الحساب اللازم لإنشاء طائرة افقية بسقوط معلوم  
 ١٩١. وإذا لم يوجد للحجم المتصرف وارتفاع السقوط المقادير التي عمل بالنظر  
 إليها القابل فان نسبة الشغل الواصل للطائرة إلى الشغل الحقيقي للسقوط لا تكون  
 مفيدة لاسيما إذا لم أن يكون للطائرة سرعة ثابتة تقريبا كما يلزم ذلك  
 في الطواحين وورش الغزل

ويتضح هذا الحادث بالجدول المستخرج من تجارب المهندسين موران التي  
 عملها في شأن طائرة قطرها يساوي مترين وهما هي صورته

الارتفاع الذي تصل إليه الطائرة	ارتفاع السقوط	عدد الدورات في الدقيقة الواحدة	نسبة الشغل الواصل إلى الشغل الحقيقي للسقوط
٠,٦٢	٢,٠٥	٣,٥٨	٠,٢٣٨
١,٠٧	٠,٩٠	٣,٢١	٠,٣٩٢
١,٥٧	٠,١٥	٣,٠٤	٠,٦٩٦
١,٨٧	٠,٢٠	٣,٣٤	٠,٧٠٠
٢,٤٤	٠,٢٧	٣,٣٩	٠,٧٩٣

فتغير اعتداد الصف الخامس ناشئاً بالخصوص من التغير السريع الحاصل  
 لسرعة الماء عند مروره من المنفذ المختنق لباب التصريف الى المجارى المحصورة  
 بين كفات الطارة وقد عمل المهندس يونسليه في شأن هذه الحالة رسالة عظيمة  
 واراد المهندس فورنيرون بناء على هذا اجتناب هذا الضرر  
 فقسم كل فراغ موجود بين الكفات الى خانات بواسطة الواح افقية موازية  
 لرقعتي الطارة

### الفصل التاسع

في الطارات التي يدخل فيها الماء بسرعة صغيرة ويخرج من منافذ رأسية  
 ١٩٢١ وهذه الطارات كاوان تدور حول محورها الشكلي الذي هو رأسى  
 والماء يدخل بدون سرعة محسوسة في نقط قريبة من هذا المحور ويخرج من  
 منافذ رأسية متفرقة بالتماثل على بعد واحد من المحور المذكور  
 وصورتها مبينة في (شكل ٧٧) بمسقط رأسى ومسقط افقى فيرى كما هو  
 مبين في الشكل أن الماء يرد للطارة من اسفلها بواسطة انبوبة ب ب  
 متصلة بها من الاسفل الى الخوض الاعلى ح ح فيدخل الماء من مركزها  
 ويسيل في انابيب افقية ن ن عمودية على محورها ويخرج بعد ذلك  
 من اطراف الانابيب المذكورة التي هي عبارة عن منافذ رأسية وخروج الماء  
 منها يكون حاصله في جهة مضادة لجهة حركة الطارة التي ينشأ منه دوران  
 مهمها ١١ وبعد تأثيره ينصب الماء في الخوض الاسفل الذي مستوى  
 توازنه  $\bar{H}_0$

ولنجعل د رمز الارتفاع المنسوب للضغط عند دخول الماء و يه رمز الى  
 السرعة الزاوية للآلة و فق رمز الى نصف قطر نقطة خروج الماء في الهواء  
 و د رمز البعد هذه النقطة تحت نقطة الدخول فبإهمال الاحتكاكات  
 واعتبار القوة المبعدة كما تقدم في (بند ١٨٦) نحصل السرعة النسبية  
 للخروج وهي و بواسطة المعادلة



$$\frac{و}{د} = \frac{و}{د} + \frac{و}{د} + \frac{و}{د} = \frac{و}{د} + \frac{و}{د} + \frac{و}{د} = \frac{و}{د} + \frac{و}{د} + \frac{و}{د}$$

بجعل ع رمزاً الى السرعة الحقيقية للطارة في نقطة الخروج و د رمزاً الى مجموع د + د

ولنجعل ه رمزاً للسرعة الحقيقية للماء عند خروجه وهذه السرعة هي محصلة سرعتين و و ع فاذا فرض أن هاتين سرعتين متضادتين تحصل

$$ه = و - ع$$

والحدة التي يحفظها الماء المتصرف في الثانية الواحدة او الفرق الحاصل بين شغل ث د الحقيقي والشغل الواصل للطارة هو ث ه  $\frac{و}{د}$  أو هو

$$\frac{ث}{د} (ع - و + د)$$

بإستبدال ه بمقدارها المتقدم وهو

$$ه = و - ع + د$$

وهذا المفقود من الشغل لا يمكن أن يكون معدوماً إلا أنه يمكن تصغير نسبته الى ث د بقدر ما يراد وذلك بأن نجعل ع كبيرة بالكفاية ولتكن هذه النسبة مساوية مثلاً  $\frac{١}{١٠}$  فيجد

$$\frac{ث}{د} (ع - و + د) = \frac{ث}{د} \times د$$

$$\frac{ث}{د} (ع - و + د) = \frac{ث}{د} \times د$$

$$ع + د = و + د + \frac{ث}{د} \times د$$

ومن هنا ينتج

$$ع = و - د + \frac{ث}{د} \times د = و - د + د = و$$

وحينئذ يكفي أن تكون سرعة نقطة الخروج مساوية  $\frac{١}{١٠}$   $\frac{ث}{د}$

كي يكون الشغل الواصل للطارة ٩ ر ٠ × ث ذ غيران هذا الناتج  
يستدعي صغراحتكاكات المائع بالانية فاذن يلزم ان يجتنب حسب المائع  
المذكور في انايبب ضيقة

تنبيه صعبوبة تصريف حجم عظيم من الماء مع تحقيق الشروط النظرية وصعوبة  
تنظيم هذا التصريف تمنعان استعمال الطارات المذكورة هنا  
وان كانت فائدتها بحسب القواعد النظرية كفائدة طارات اولير وقورنيرون

### الفصل العاشر

في طارات ذات الكفات المتحركة في تيار عظيم المقطع  
١٩٣ هذه الطارات تتحرك في تيار قطعه يفوق بكثير سطح الكفات وذلك  
كطارات طواحين العقبات وصورة هذه الطارات مبينة في (شكل ٧٨)  
ويعسر حساب احوال تحرك الماء عند مروره بالطارة وبجوانبها بـ كيفية  
مضبوطة لاجل استخراج الشغل الواصل للكفات لكن فيما سيأتى كفاية  
في الحصول على الشغل المذكور

وانجعل - رمز الى سرعة جزء الكفات المغمور بالماء متى كانت  
الكفات رأسية

و ع رمز الى سرعة مركز الجزء المذكور

و ع رمز الى سرعة التيار خلف الطارة

وليفرض أن عدة من الخيوط التي تكون سرعتها ع تمر بين الكفات وتؤول  
الى سرعتها وهي ع بحيث اذا جعل م رمز الى مجسم المائع المتصرف  
من الخيوط المذكور في الثانية الواحدة فان اتقاص كمية تحرك هذا الجسم  
في الزمن المذكور يكون

م (ع - ع)

وليفرض ايضا أن التغير المذكور الحادث لكمية التحرك لا يكون منسوباً  
الا للمقاومة ق الا فية الحاصلة من الكفات وذلك يؤول الى فرض  
الانضغاطات

الانضغاطات الحادثة من السائل المحيط بالخيوط المذكورة متوازنة فيحدث بناء على هذا الفرض

$$u = m (e - e)$$

فأذن الشغل الواصل للطارة يكون في الثانية الواحدة مساويا

$$\text{شغ} = m e (e - e)$$

وبالجملة فيمكن أن يفرض أن الجسم  $m$  مناسب للسعة  $e$  التي هي سعة الكفات للسرعة  $e$  التي هي سرعة التيار وللكتافة  $\rho$  التي هي كثافة المائع المحرك ومن ذلك يحدث

$$\text{شغ} = \frac{\rho e (e - e)}{2}$$

وقد جرب المهندس بونسلويه هذا القانون فوجد أنه يكون محققا بالكفاية متى جعل فيه  $k = 0.8$

١٩٤ ومتى كانت  $e$  معاومة فإن النهاية الكبرى للكمية (شغ) تكون بمقتضى القانون المتقدم مقابلة للسرعة  $e = \frac{1}{4} e$  وقد دلت التجربة على أنه يلزم أن يأخذ للنسبة  $\frac{e}{e}$  مقدار ٠.٤٠ فيحدث منها مقدار الشغل

المحرك لا يختلف عن النهاية الكبرى المذكورة إلا بنحو  $\frac{1}{50}$

١٩٥ ولا بد وأن يكون مقدار ارتفاع كفات هذه الطارات من  $\frac{1}{5}$  الى  $\frac{1}{2}$  من نصف قطر الطارة

وإذا أحيطت جنوب الكفات المذكورة بتاجين كانت كثيرة الجدوى وتكون هذه الطارات في العادة من ٢٤ الى ٢٥

ويكون عدد الكفات في العادة أيضا ١٢

وقد أوصى المهندس نافير بأن يكون تباعد هذه الكفات مساويا لارتفاعاتها وأوصى أيضا بأنه يلزم أن تمال بشرط أن يتكون منها في الجهة الخلفية لنصف القطر

زاوية قدرها  $30^\circ$  متى كانت الطارة مغمورة من ربع نصف قطرها الى  
 خمسة ويكون الميل المذكور مساويا لزاوية قدرها  $15^\circ$  متى كانت الطارة  
 المذكورة مغمورة اثلث نصف قطرها وهذا احد في الانغمار لا ينبغي تجاوزه  
 هذا وقد وضع المهندسان المشهوران بورني وايتلويين جدولين كثيرى النفع  
 احدهما يتضمن السرعة المنسوبة لارتفاعات متنوعة والاخر يتضمن تسهيل  
 الحسابات المنسوبة لتحرك الماء في الخلجان والانابيب ولينبذ بمجدول السرعة  
 المنسوبة للارتفاعات المتنوعة فنقول





جدول السرعة المنسوبة للارتفاعات المتنوعة

\* (تأنيده) \* متى كانت السرعة اقل من متر أعني انها لم تكن موجودة بالجدول يلزم ضربها في ١٠ ثم يبحث عن الارتفاع المقابل لها ويقسم قدر الارتفاع على ١٠٠ فالسرعة التي قدرها ٠.٣١ تضرب في ١٠ فتصير ٣.١ ثم يبحث عن الارتفاع المقابل لهذا الناتج فيوجد ٤٨٩٩. وبقسمة ٣.١ على ١٠٠ يكون الارتفاع المطلوب ٠.٠٤٨٩٩ ويكون الارتفاع المقابل للسرعة ٠.٣١ هو ٠.٠٠٠٤٨٩٩

ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة
٠.٨٣٥	١.٢٨	٠.٦٦٢	١.١٤	٠.٥١٠	١.٠٠
٠.٨٤٨	١.٢٩	٠.٦٧٤	١.١٥	٠.٥٢٠	١.٠١
٠.٨٦١	١.٣٠	٠.٦٨٦	١.١٦	٠.٥٣٠	١.٠٢
٠.٨٧٥	١.٣١	٠.٦٩٨	١.١٧	٠.٥٤١	١.٠٣
٠.٨٨٨	١.٣٢	٠.٧١٠	١.١٨	٠.٥٥١	١.٠٤
٠.٩٠١	١.٣٣	٠.٧٢٢	١.١٩	٠.٥٦٢	١.٠٥
٠.٩١٥	١.٣٤	٠.٧٣٤	١.٢٠	٠.٥٧٣	١.٠٦
٠.٩٢٩	١.٣٥	٠.٧٤٦	١.٢١	٠.٥٨٤	١.٠٧
٠.٩٤٣	١.٣٦	٠.٧٥٨	١.٢٢	٠.٥٩٥	١.٠٨
٠.٩٥٧	١.٣٧	٠.٧٧١	١.٢٣	٠.٦٠٦	١.٠٩
٠.٩٧٠	١.٣٨	٠.٧٨٣	١.٢٤	٠.٦١٧	١.١٠
٠.٩٨٤	١.٣٩	٠.٧٩٧	١.٢٥	٠.٦٢٨	١.١١
٠.٩٩٩	١.٤٠	٠.٨٠٩	١.٢٦	٠.٦٣٩	١.١٢
١.٠١٣	١.٤١	٠.٨٢٢	١.٢٧	٠.٦٥١	١.١٣

ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة
١٦٥١	٨٠	١٣٢١	٦١	١٠٢٨	٤٢
١٦٧٠	٨١	١٣٣٧	٦٢	١٠٤٢	٤٣
١٦٨٨	٨٢	١٣٥٤	٦٣	١٠٥٧	٤٤
١٧٠٧	٨٣	١٣٧١	٦٤	١٠٧٢	٤٥
١٧٢٦	٨٤	١٣٨٨	٦٥	١٠٨٦	٤٦
١٧٤٥	٨٥	١٤٠٥	٦٦	١١٠١	٤٧
١٧٦٣	٨٦	١٤٢٢	٦٧	١١١٦	٤٨
١٧٨٢	٨٧	١٤٤٠	٦٨	١١٣١	٤٩
١٨٠١	٨٨	١٤٥٦	٦٩	١١٤٧	٥٠
١٨٢٠	٨٩	١٤٧٣	٧٠	١١٦٢	٥١
١٨٤٠	٩٠	١٤٩٠	٧١	١١٧٧	٥٢
١٨٥٩	٩١	١٥٠٨	٧٢	١١٩٣	٥٣
١٨٧٣	٩٢	١٥٢٥	٧٣	١٢٠٩	٥٤
١٨٩٨	٩٣	١٥٤٣	٧٤	١٢٢٥	٥٥
١٩١٨	٩٤	١٥٦١	٧٥	١٢٤١	٥٦
١٩٣٨	٩٥	١٥٧٩	٧٦	١٢٥٧	٥٧
١٩٥٨	٩٦	١٥٩٧	٧٧	١٢٧٣	٥٨
١٩٧٨	٩٧	١٦١٥	٧٨	١٢٨٩	٥٩
١٩٩٨	٩٨	١٦٣٣	٧٩	١٣٠٥	٦٠

ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة
٠,٢٨٦٣	٢, ٣٧	٠,٢٤٢٢	٢, ١٨	٠,٢٠١٨	٢, ٩٩
٠,٢٨٨٧	٢, ٣٨	٠,٢٤٤٤	٢, ١٩	٠,٢٠٣٩	٢, ٠٠
٠,٢٩١١	٢, ٣٩	٠,٢٤٦٧	٢, ٢٠	٠,٢٠٥٩	٢, ٠١
٠,٢٩٣٦	٢, ٤٠	٠,٢٤٩٠	٢, ٢١	٠,٢٠٨٠	٢, ٠٢
٠,٢٩٦٠	٢, ٤١	٠,٢٥١٢	٢, ٢٢	٠,٢١٠٠	٢, ٠٣
٠,٢٩٨٥	٢, ٤٢	٠,٢٥٣٥	٢, ٢٣	٠,٢١٢١	٢, ٠٤
٠,٣٠١٠	٢, ٤٣	٠,٢٥٥٧	٢, ٢٤	٠,٢١٤٢	٢, ٠٥
٠,٣٠٣٤	٢, ٤٤	٠,٢٥٨٠	٢, ٢٥	٠,٢١٦٣	٢, ٠٦
٠,٣٠٦٠	٢, ٤٥	٠,٢٦٠٣	٢, ٢٦	٠,٢١٨٤	٢, ٠٧
٠,٣٠٨٥	٢, ٤٦	٠,٢٦٢٦	٢, ٢٧	٠,٢٢٠٥	٢, ٠٨
٠,٣١١٠	٢, ٤٧	٠,٢٦٤٩	٢, ٢٨	٠,٢٢٢٦	٢, ٠٩
٠,٣١٣٥	٢, ٤٨	٠,٢٦٧٣	٢, ٢٩	٠,٢٢٤٨	٢, ١٠
٠,٣١٦٠	٢, ٤٩	٠,٢٦٩٦	٢, ٣٠	٠,٢٢٦٩	٢, ١١
٠,٣١٨٦	٢, ٥٠	٠,٢٧٢٠	٢, ٣١	٠,٢٢٩١	٢, ١٢
٠,٣٢١١	٢, ٥١	٠,٢٧٤٣	٢, ٣٢	٠,٢٣١٣	٢, ١٣
٠,٣٢٣٧	٢, ٥٢	٠,٢٧٦٧	٢, ٣٣	٠,٢٣٣٤	٢, ١٤
٠,٣٢٦٢	٢, ٥٣	٠,٢٧٩١	٢, ٣٤	٠,٢٣٥٦	٢, ١٥
٠,٣٢٨٩	٢, ٥٤	٠,٢٨١٥	٢, ٣٥	٠,٢٣٧٨	٢, ١٦
٠,٣٣١٥	٢, ٥٥	٠,٢٨٣٩	٢, ٣٦	٠,٢٤٠٠	٢, ١٧

ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة
٠,٤٤٠٦	٢, ٩٤	٠,٣٨٥٥	٢, ٧٥	٠,٣٣٤١	٢, ٥٦
٠,٤٤٣٦	٢, ٩٥	٠,٣٨٨٣	٢, ٧٦	٠,٣٣٦٧	٢, ٥٧
٠,٤٤٦٦	٢, ٩٦	٠,٣٩١١	٢, ٧٧	٠,٣٣٩٣	٢, ٥٨
٠,٤٤٩٦	٢, ٩٧	٠,٣٩٣٩	٢, ٧٨	٠,٣٤١٩	٢, ٥٩
٠,٤٥٢٦	٢, ٩٨	٠,٣٩٦٧	٢, ٧٩	٠,٣٤٤٦	٢, ٦٠
٠,٤٥٥٧	٢, ٩٩	٠,٣٩٩٦	٢, ٨٠	٠,٣٤٧٢	٢, ٦١
٠,٤٥٨٨	٣, ٠٠	٠,٤٠٢٥	٢, ٨١	٠,٣٤٩٩	٢, ٦٢
٠,٤٨٩٩	٣, ١٠	٠,٤٠٥٤	٢, ٨٢	٠,٣٥٢٦	٢, ٦٣
٠,٥٢٢٠	٣, ٢٠	٠,٤٠٨٢	٢, ٨٣	٠,٣٥٥٣	٢, ٦٤
٠,٥٥٥١	٣, ٣٠	٠,٤١١١	٢, ٨٤	٠,٣٥٨٠	٢, ٦٥
٠,٥٨٩٣	٣, ٤٠	٠,٤١٤٠	٢, ٨٥	٠,٣٦٠٧	٢, ٦٦
٠,٦٢٤٤	٣, ٥٠	٠,٤١٦٩	٢, ٨٦	٠,٣٦٣٤	٢, ٦٧
٠,٦٦٠٦	٣, ٦٠	٠,٤١٩٨	٢, ٨٧	٠,٣٦٦١	٢, ٦٨
٠,٦٩٧٨	٣, ٧٠	٠,٤١٢٨	٢, ٨٨	٠,٣٦٨٨	٢, ٦٩
٠,٧٣٦١	٣, ٨٠	٠,٤٢٥٧	٢, ٨٩	٠,٣٧١٦	٢, ٧٠
٠,٧٧٥٣	٣, ٩٠	٠,٤٢٨٧	٢, ٩٠	٠,٣٧٤٤	٢, ٧١
٠,٨١٥٦	٤, ٠٠	٠,٤٣١٦	٢, ٩١	٠,٣٧٧١	٢, ٧٢
٠,٨٥٦٩	٤, ١٠	٠,٤٣٤٦	٢, ٩٢	٠,٣٧٩٩	٢, ٧٣
٠,٨٩٩٢	٤, ٢٠	٠,٤٣٧٦	٢, ٩٣	٠,٣٨٢٧	٢, ٧٤

ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة	ارتفاع مقابل	سرعة
٣,٣٤٤٥	٨, ١٠	١,٩٥٩٥	٦, ٢٠	٠,٩٤٢٥	٤, ٣٠
٣,٤٢٧٥	٨, ٢٠	٢,٠٢٣٢	٦, ٣٠	٠,٩٨٦٩	٤, ٤٠
٣,٥١١٦	٨, ٣٠	٢,٠٨٧٩	٦, ٤٠	١,٠٣٢٢	٤, ٥٠
٣,٥٩٦٨	٨, ٤٠	٢,١٥٣٧	٦, ٥٠	١,٠٧٨٦	٤, ٦٠
٣,٦٨٢٩	٨, ٥٠	٢,٢٢٠٥	٦, ٦٠	١,١٢٦٠	٤, ٧٠
٣,٧٧٠١	٨, ٦٠	٢,٢٨٨٣	٦, ٧٠	١,١٧٤٤	٤, ٨٠
٣,٨٥٨٣	٨, ٧٠	٢,٣٥٧١	٦, ٨٠	١,٢٢٣٩	٤, ٩٠
٣,٩٤٧٥	٨, ٨٠	٢,٤٢٦٩	٦, ٩٠	١,٢٧٤٤	٥, ٠٠
٤,٠٣٧٧	٨, ٩٠	٢,٤٩٧٨	٧, ٠٠	١,٣٢٥٨	٥, ١٠
٤,١٢٩٠	٩, ٠٠	٢,٥٦٩٦	٧, ١٠	١,٣٧٨٤	٥, ٢٠
٤,٢٢١٢	٩, ١٠	٢,٦٤٢٥	٧, ٢٠	١,٤٣١٩	٥, ٣٠
٤,٣١٤٥	٩, ٢٠	٢,٧١٦٤	٧, ٣٠	١,٤٨٦٤	٥, ٤٠
٤,٤٠٨٨	٩, ٣٠	٢,٧٩١٤	٧, ٤٠	١,٥٤٢٠	٥, ٥٠
٤,٥٠٤١	٩, ٤٠	٢,٨٦٧٣	٧, ٥٠	١,٥٩٨٦	٥, ٦٠
٤,٦٠٠٥	٩, ٥٠	٢,٩٤٤٣	٧, ٦٠	١,٦٥٦٢	٥, ٧٠
٤,٦٩٧٨	٩, ٦٠	٣,٠٢٢٣	٧, ٧٠	١,٧١٤٨	٥, ٨٠
٤, ٨٠	٩, ٧٠	٣,١٠١٣	٧, ٨٠	١,٧٧٤٤	٥, ٩٠
٤, ٩٠	٩, ٨٠	٣,١٨١٣	٧, ٩٠	١,٨٣٥١	٦, ٠٠
٥, ٠٠	٩, ٩٠	٣,٢٦٢٤	٨, ٠٠	١,٨٩٦٨	٦, ١٠



جدول لتسهيل الحسابات المنسوبة لتحرك الماء  
في الخليجان وفي الانابيب

مقادير مقابلة			
سرعة متوسطة	لكمية نق س او (ويع + ويع <sup>٢</sup> ) في الخليجان	لكمية (ويع + ويع <sup>٢</sup> ) في الانابيب	
= يع	اتلوين	بروني	بروني
٠ ١	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٣	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٢
٠ ٢	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١٠	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٥
٠ ٣	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١١	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٨
٠ ٤	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٢٣	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١٣
٠ ٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٢١	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٣٠	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١٧
٠ ٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٢٨	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٣٨	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٢٣
٠ ٧	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٣٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٤٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٢٩
٠ ٨	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٤٣	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٥٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٣٦
٠ ٩	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٥١	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٦٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٤٤
١ ٠	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٦٠	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٧٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٥٢
١ ١	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٧١	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٨٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٦١
١ ٢	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٨٢	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٩٨	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٧١
١ ٣	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٩٣	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١١٠	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٨١
١ ٤	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١ ٠ ٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١ ٢ ٣	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٩٣
١ ٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١ ١ ٩	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١ ٣ ٦	٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ ١ ٠ ٤

مقادير مقابله			
سرع متوسطه	لكمية نق س أو (ووع + ووع) في التلجان	لكمية (ووع + ووع) في الانابيب	
= ع	اتلوين	بروني	بروني
١٦ ر	٠,٠٠٠,١٣٢	٠,٠٠٠,١٥٠	٠,٠٠٠,١١٧
١٧ ر	٠,٠٠٠,١٤٧	٠,٠٠٠,١٦٥	٠,٠٠٠,١٣٠
١٨ ر	٠,٠٠٠,١٦٢	٠,٠٠٠,١٨٠	٠,٠٠٠,١٤٤
١٩ ر	٠,٠٠٠,١٧٨	٠,٠٠٠,١٩٦	٠,٠٠٠,١٥٩
٢٠ ر	٠,٠٠٠,١٩٥	٠,٠٠٠,٢١٣	٠,٠٠٠,١٧٤
٢١ ر	٠,٠٠٠,٢١٢	٠,٠٠٠,٢٣٠	٠,٠٠٠,١٩٠
٢٢ ر	٠,٠٠٠,٢٣٠	٠,٠٠٠,٢٤٧	٠,٠٠٠,٢٠٧
٢٣ ر	٠,٠٠٠,٢٤٩	٠,٠٠٠,٢٦٦	٠,٠٠٠,٢٢٤
٢٤ ر	٠,٠٠٠,٢٦٩	٠,٠٠٠,٢٨٥	٠,٠٠٠,٢٤٢
٢٥ ر	٠,٠٠٠,٢٨٩	٠,٠٠٠,٣٠٤	٠,٠٠٠,٢٦١
٢٦ ر	٠,٠٠٠,٣١٠	٠,٠٠٠,٣٢٥	٠,٠٠٠,٢٨٠
٢٧ ر	٠,٠٠٠,٣٣٢	٠,٠٠٠,٣٤٦	٠,٠٠٠,٣٠١
٢٨ ر	٠,٠٠٠,٣٥٤	٠,٠٠٠,٣٦٧	٠,٠٠٠,٣٢٢
٢٩ ر	٠,٠٠٠,٣٧٨	٠,٠٠٠,٣٨٩	٠,٠٠٠,٣٤٣
٣٠ ر	٠,٠٠٠,٤٠٢	٠,٠٠٠,٤١٢	٠,٠٠٠,٣٦٥
٣١ ر	٠,٠٠٠,٤٢٥	٠,٠٠٠,٤٣٥	٠,٠٠٠,٣٨٨
٣٢ ر	٠,٠٠٠,٤٥٢	٠,٠٠٠,٤٥٩	٠,٠٠٠,٤١٢

مقادير مقابلة			
سرعة متوسطة =	الكمية نق س او (وع + وع <sup>٢</sup> ) في الخيلجان	الكمية (وع + وع <sup>٢</sup> ) في الانايب	وع
	اتلوين	بروني	بروني
٣٣	٠,٠٠٠,٤٧٨	٠,٠٠٠,٤٨٤	٠,٠٠٠,٤٣٦
٣٤	٠,٠٠٠,٥٠٥	٠,٠٠٠,٥٠٩	٠,٠٠٠,٤٦٢
٣٥	٠,٠٠٠,٥٣٣	٠,٠٠٠,٥٣٤	٠,٠٠٠,٤٨٧
٣٦	٠,٠٠٠,٥٦١	٠,٠٠٠,٥٦١	٠,٠٠٠,٥١٤
٣٧	٠,٠٠٠,٥٩٠	٠,٠٠٠,٥٨٨	٠,٠٠٠,٥٤١
٣٨	٠,٠٠٠,٦٢٠	٠,٠٠٠,٦١٦	٠,٠٠٠,٥٦٩
٣٩	٠,٠٠٠,٦٥١	٠,٠٠٠,٦٤٤	٠,٠٠٠,٥٩٧
٤٠	٠,٠٠٠,٦٨٢	٠,٠٠٠,٦٧٣	٠,٠٠٠,٦٢٧
٤١	٠,٠٠٠,٧١٤	٠,٠٠٠,٧٠٢	٠,٠٠٠,٦٥٦
٤٢	٠,٠٠٠,٧٤٧	٠,٠٠٠,٧٣٢	٠,٠٠٠,٦٨٧
٤٣	٠,٠٠٠,٧٨٠	٠,٠٠٠,٧٦٣	٠,٠٠٠,٧١٨
٤٤	٠,٠٠٠,٨١٤	٠,٠٠٠,٧٩٤	٠,٠٠٠,٧٥٠
٤٥	٠,٠٠٠,٨٤٩	٠,٠٠٠,٨٢٦	٠,٠٠٠,٧٨٣
٤٦	٠,٠٠٠,٨٨٥	٠,٠٠٠,٨٥٩	٠,٠٠٠,٨١٧
٤٧	٠,٠٠٠,٩٢٢	٠,٠٠٠,٨٩٢	٠,٠٠٠,٨٥١
٤٨	٠,٠٠٠,٩٥٩	٠,٠٠٠,٩٢٦	٠,٠٠٠,٨٨٦
٤٩	٠,٠٠٠,٩٩٧	٠,٠٠٠,٩٦٠	٠,٠٠٠,٩٢١

مقادير مقابلة			
سرعة متوسطة	لكمية نق س أو (وج + وج <sup>٢</sup> ) في الخيلجان	لكمية (وج + وج <sup>٢</sup> ) في الانابيب	
= وج	اتلوين	بروني	بروني
٥٠	٠,٠٠٠ ١٠٣٥	٠,٠٠٠ ٩٩٦	٠,٠٠٠ ٩٥٧
٥١	٠,٠٠٠ ١٠٧٥	٠,٠٠٠ ١٠٣١	٠,٠٠٠ ٩٩٤
٥٢	٠,٠٠٠ ١١١٥	٠,٠٠٠ ١٠٦٨	٠,٠٠٠ ١٠٣٢
٥٣	٠,٠٠٠ ١١٥٥	٠,٠٠٠ ١١٠٤	٠,٠٠٠ ١٠٧٠
٥٤	٠,٠٠٠ ١١٩٧	٠,٠٠٠ ١١٤٢	٠,٠٠٠ ١١٠٩
٥٥	٠,٠٠٠ ١٢٣٩	٠,٠٠٠ ١١٨٠	٠,٠٠٠ ١١٤٩
٥٦	٠,٠٠٠ ١٢٨٢	٠,٠٠٠ ١٢١٩	٠,٠٠٠ ١١٨٩
٥٧	٠,٠٠٠ ١٣٢٦	٠,٠٠٠ ١٢٥٨	٠,٠٠٠ ١٢٣٠
٥٨	٠,٠٠٠ ١٣٧٠	٠,٠٠٠ ١٢٩٨	٠,٠٠٠ ١٢٧٢
٥٩	٠,٠٠٠ ١٤١٦	٠,٠٠٠ ١٣٣٩	٠,٠٠٠ ١٣١٥
٦٠	٠,٠٠٠ ١٤٦١	٠,٠٠٠ ١٣٨٠	٠,٠٠٠ ١٣٥٨
٦١	٠,٠٠٠ ١٥٠٨	٠,٠٠٠ ١٤٢٢	٠,٠٠٠ ١٤٠٢
٦٢	٠,٠٠٠ ١٥٥٦	٠,٠٠٠ ١٤٦٥	٠,٠٠٠ ١٤٤٦
٦٣	٠,٠٠٠ ١٦٠٤	٠,٠٠٠ ١٥٠٨	٠,٠٠٠ ١٤٩١
٦٤	٠,٠٠٠ ١٦٥٣	٠,٠٠٠ ١٥٥١	٠,٠٠٠ ١٥٣٧
٦٥	٠,٠٠٠ ١٧٠٢	٠,٠٠٠ ١٥٩٦	٠,٠٠٠ ١٥٨٤
٦٦	٠,٠٠٠ ١٧٥٣	٠,٠٠٠ ١٦٤١	٠,٠٠٠ ١٦٣١

مقادير مقابلة			سرعة متوسطة ع =
لكمية نق س أو (وع + وع) في الخلبان		لكمية (وع + وع) في الانايب	
ايتلوين	بروني	بروني	
٠,٠٠٠ ١٨٠٣	٠,٠٠٠ ١٦٨٦	٠,٠٠٠ ١٦٧٩	٦٧
٠,٠٠٠ ١٨٥٥	٠,٠٠٠ ١٧٣٣	٠,٠٠٠ ١٧٢٨	٦٨
٠,٠٠٠ ١٩٠٨	٠,٠٠٠ ١٧٧٩	٠,٠٠٠ ١٧٧٨	٦٩
٠,٠٠٠ ١٩٦١	٠,٠٠٠ ١٨٢٧	٠,٠٠٠ ١٨٢٨	٧٠
٠,٠٠٠ ٢٠١٥	٠,٠٠٠ ١٨٧٥	٠,٠٠٠ ١٨٧٩	٧١
٠,٠٠٠ ٢٠٧٠	٠,٠٠٠ ١٩٢٤	٠,٠٠٠ ١٩٣٠	٧٢
٠,٠٠٠ ٢١٢٥	٠,٠٠٠ ١٩٧٣	٠,٠٠٠ ١٩٨٢	٧٣
٠,٠٠٠ ٢١٨١	٠,٠٠٠ ٢٠٢٣	٠,٠٠٠ ٢٠٣٥	٧٤
٠,٠٠٠ ٢٢٣٨	٠,٠٠٠ ٢٠٧٣	٠,٠٠٠ ٢٠٨٩	٧٥
٠,٠٠٠ ٢٢٩٦	٠,٠٠٠ ٢١٢٤	٠,٠٠٠ ٢١٤٣	٧٦
٠,٠٠٠ ٢٣٥٤	٠,٠٠٠ ٢١٧٦	٠,٠٠٠ ٢١٩٨	٧٧
٠,٠٠٠ ٢٤١٣	٠,٠٠٠ ٢٢٢٩	٠,٠٠٠ ٢٢٥٤	٧٨
٠,٠٠٠ ٢٤٧٣	٠,٠٠٠ ٢٢٨٢	٠,٠٠٠ ٢٣١٠	٧٩
٠,٠٠٠ ٢٥٣٤	٠,٠٠٠ ٢٣٣٥	٠,٠٠٠ ٢٣٦٨	٨٠
٠,٠٠٠ ٢٥٩٥	٠,٠٠٠ ٢٣٨٩	٠,٠٠٠ ٢٤٢٥	٨١
٠,٠٠٠ ٢٦٥٧	٠,٠٠٠ ٢٤٤٤	٠,٠٠٠ ٢٤٨٤	٨٢
٠,٠٠٠ ٢٧٢٠	٠,٠٠٠ ٢٥٠٠	٠,٠٠٠ ٢٥٤٣	٨٣



مقادير مقابلة			سرعة متوسطة = و
لكمية (و + و) في الانابيب	لكمية تق س أو (و + و) في الخيلجان		
بروني	بروني	ايتلويين	
٠٠٠٠٢٦٠٣	٠٠٠٠٢٥٥٦	٠٠٠٠٢٧٨٣	٠ ٨٤
٠٠٠٠٢٦٦٣	٠٠٠٠٢٦١٣	٠٠٠٠٢٨٤٧	٠ ٨٥
٠٠٠٠٢٧٢٥	٠٠٠٠٢٦٧٠	٠٠٠٠٢٩١٢	٠ ٨٦
٠٠٠٠٢٧٨٧	٠٠٠٠٢٧٢٨	٠٠٠٠٢٩٧٨	٠ ٨٧
٠٠٠٠٢٨٤٩	٠٠٠٠٢٧٨٦	٠٠٠٠٣٠٤٤	٠ ٨٨
٠٠٠٠٢٩١٣	٠٠٠٠٢٨٤٦	٠٠٠٠٣١١١	٠ ٨٩
٠٠٠٠٢٩٧٧	٠٠٠٠٢٩٠٦	٠٠٠٠٣١٧٩	٠ ٩٠
٠٠٠٠٣٠٤٢	٠٠٠٠٢٩٦٦	٠٠٠٠٣٢٤٨	٠ ٩١
٠٠٠٠٣١٠٧	٠٠٠٠٣٠٢٧	٠٠٠٠٣٣١٧	٠ ٩٢
٠٠٠٠٣١٧٣	٠٠٠٠٣٠٨٩	٠٠٠٠٣٣٨٧	٠ ٩٣
٠٠٠٠٣٢٤٠	٠٠٠٠٣١٥١	٠٠٠٠٣٤٥٨	٠ ٩٤
٠٠٠٠٣٣٠٨	٠٠٠٠٣٢١٤	٠٠٠٠٣٥٣٠	٠ ٩٥
٠٠٠٠٣٣٧٦	٠٠٠٠٣٢٧٧	٠٠٠٠٣٦٠٢	٠ ٩٦
٠٠٠٠٣٤٤٥	٠٠٠٠٣٣٤٢	٠٠٠٠٣٦٧٥	٠ ٩٧
٠٠٠٠٣٥١٥	٠٠٠٠٣٤٠٦	٠٠٠٠٣٧٤٩	٠ ٩٨
٠٠٠٠٣٥٨٥	٠٠٠٠٣٤٧٢	٠٠٠٠٣٨٢٣	٠ ٩٩
٠٠٠٠٣٦٥٦	٠٠٠٠٣٥٣٨	٠٠٠٠٣٨٩٨	٠ ٠٠

مقادير مقابله			سرع متوسطة = ع
لكمية نفى س أو (وع + وع) في الخيلجان	لكمية (وع + وع) في الانايب		
ايتاوين	بروني	بروني	
٠٠٠٠٣٩٧٤ ر	٠٠٠٠٣٦٠٤ ر	٠٠٠٠٣٧٢٨ ر	١٠١ ر
٠٠٠٠٤٠٥١ ر	٠٠٠٠٣٦٧٢ ر	٠٠٠٠٣٨٠٠ ر	١٠٢ ر
٠٠٠٠٤١٢٨ ر	٠٠٠٠٣٧٣٩ ر	٠٠٠٠٣٨٧٣ ر	١٠٣ ر
٠٠٠٠٤٢٠٦ ر	٠٠٠٠٣٨٠٨ ر	٠٠٠٠٣٩٤٧ ر	١٠٤ ر
٠٠٠٠٤٢٨٦ ر	٠٠٠٠٣٨٧٧ ر	٠٠٠٠٤٠٢٢٠ ر	١٠٥ ر
٠٠٠٠٤٣٦٤ ر	٠٠٠٠٣٩٤٧ ر	٠٠٠٠٤٠٩٧ ر	١٠٦ ر
٠٠٠٠٤٤٤٥ ر	٠٠٠٠٤٠١٧ ر	٠٠٠٠٤١٧٣ ر	١٠٧ ر
٠٠٠٠٤٥٢٦ ر	٠٠٠٠٤٠٨٨ ر	٠٠٠٠٤٢٤٩ ر	١٠٨ ر
٠٠٠٠٤٦٠٧ ر	٠٠٠٠٤١٥٩ ر	٠٠٠٠٤٣٢٧ ر	١٠٩ ر
٠٠٠٠٤٦٩٠ ر	٠٠٠٠٤٢٣٢ ر	٠٠٠٠٤٤٠٥ ر	١١٠ ر
٠٠٠٠٤٧٧٣ ر	٠٠٠٠٤٣٠٤ ر	٠٠٠٠٤٤٨٣ ر	١١١ ر
٠٠٠٠٤٨٥٧ ر	٠٠٠٠٤٣٧٨ ر	٠٠٠٠٤٥٦٣ ر	١١٢ ر
٠٠٠٠٤٩٤٣ ر	٠٠٠٠٤٤٥٢ ر	٠٠٠٠٤٦٤٣ ر	١١٣ ر
٠٠٠٠٥٠٢٧ ر	٠٠٠٠٤٥٢٧ ر	٠٠٠٠٤٧٢٤ ر	١١٤ ر
٠٠٠٠٥١١٣ ر	٠٠٠٠٤٦٠٢ ر	٠٠٠٠٤٨٠٥ ر	١١٥ ر
٠٠٠٠٥٢٠٠ ر	٠٠٠٠٤٦٧٨ ر	٠٠٠٠٤٨٨٧ ر	١١٦ ر
٠٠٠٠٥٢٨٨ ر	٠٠٠٠٤٧٥٤ ر	٠٠٠٠٤٩٧٠ ر	١١٧ ر

مقادير مقابلة			سرع متوسطة ع =
لكمية (وع + وع <sup>٠</sup> ) في الانابيب	لكمية نقى سرأو (وع + وع <sup>٠</sup> ) في الخليجان		
بروني	بروني	ايتاوين	
٠,٠٠٠٠٥٠٥٤	٠,٠٠٠٤٨٣١	٠,٠٠٠٥٣٧٦	١, ١٨
٠,٠٠٠٠٥١٣٨	٠,٠٠٠٤٩٠٩	٠,٠٠٠٥٤٦٥	١, ١٩
٠,٠٠٠٠٥٢٢٣	٠,٠٠٠٤٩٨٨	٠,٠٠٠٥٥٥٥	١, ٢٠
٠,٠٠٠٠٥٣٠٩	٠,٠٠٠٥٠٦٧	٠,٠٠٠٥٦٤٦	١, ٢١
٠,٠٠٠٠٥٣٩٥	٠,٠٠٠٥١٤٦	٠,٠٠٠٥٧٣٧	١, ٢٢
٠,٠٠٠٠٥٤٨٢	٠,٠٠٠٥٢٢٦	٠,٠٠٠٥٨٢٩	١, ٢٣
٠,٠٠٠٠٥٥٧٠	٠,٠٠٠٥٣٠٧	٠,٠٠٠٥٩٢١	١, ٢٤
٠,٠٠٠٠٥٦٥٨	٠,٠٠٠٥٣٨٩	٠,٠٠٠٦٠١٥	١, ٢٥
٠,٠٠٠٠٥٧٤٧	٠,٠٠٠٥٤٧١	٠,٠٠٠٦١٠٩	١, ٢٦
٠,٠٠٠٠٥٨٣٧	٠,٠٠٠٥٥٥٣	٠,٠٠٠٦٢٠٥	١, ٢٧
٠,٠٠٠٠٥٩٢٨	٠,٠٠٠٥٦٣٧	٠,٠٠٠٦٣٠٠	١, ٢٨
٠,٠٠٠٠٦٠١٩	٠,٠٠٠٥٧٢١	٠,٠٠٠٦٣٩٦	١, ٢٩
٠,٠٠٠٠٦١١١	٠,٠٠٠٥٨٠٥	٠,٠٠٠٦٤٩٣	١, ٣٠
٠,٠٠٠٠٦٢٠٤	٠,٠٠٠٥٨٩٠	٠,٠٠٠٦٥٩١	١, ٣١
٠,٠٠٠٠٦٢٩٧	٠,٠٠٠٥٩٧٦	٠,٠٠٠٦٦٩٠	١, ٣٢
٠,٠٠٠٠٦٣٩١	٠,٠٠٠٦٠٦٣	٠,٠٠٠٦٧٨٩	١, ٣٣
٠,٠٠٠٠٦٤٨٦	٠,٠٠٠٦١٥٠	٠,٠٠٠٦٨٨٩	١, ٣٤

مقادير مقابله			
سرع متوسطة	لكمية نقى س او (وج + وج <sup>٢</sup> ) فى الخلجان	لكمية (وج + وج <sup>٢</sup> ) فى الانابيب	
= وج	اتلوين	برونى	برونى
١, ٣٥	٠,٠٠٠٠٦٩٩٠	٠,٠٠٠٠٦٢٣٧	٠,٠٠٠٠٦٥٨١
١, ٣٦	٠,٠٠٠٠٧٠٩١	٠,٠٠٠٠٦٣٢٦	٠,٠٠٠٠٦٦٧٧
١, ٣٧	٠,٠٠٠٠٧١٩٣	٠,٠٠٠٠٦٤١٤	٠,٠٠٠٠٦٧٧٤
١, ٣٨	٠,٠٠٠٠٧٢٩٦	٠,٠٠٠٠٦٥٠٤	٠,٠٠٠٠٦٨٧١
١, ٣٩	٠,٠٠٠٠٧٤٠٠	٠,٠٠٠٠٦٥٩٤	٠,٠٠٠٠٦٩٧٠
١, ٤٠	٠,٠٠٠٠٧٥٠٤	٠,٠٠٠٠٦٦٨٥	٠,٠٠٠٠٧٠٦٩
١, ٤١	٠,٠٠٠٠٧٦٠٩	٠,٠٠٠٠٦٧٧٦	٠,٠٠٠٠٧١٦٨
١, ٤٢	٠,٠٠٠٠٧٧١٥	٠,٠٠٠٠٦٨٦٨	٠,٠٠٠٠٧٢٦٨
١, ٤٣	٠,٠٠٠٠٧٨٢٢	٠,٠٠٠٠٦٩٦١	٠,٠٠٠٠٧٣٦٩
١, ٤٤	٠,٠٠٠٠٧٩٢٩	٠,٠٠٠٠٧٠٥٤	٠,٠٠٠٠٧٤٧١
١, ٤٥	٠,٠٠٠٠٨٠٣٧	٠,٠٠٠٠٧١٤٨	٠,٠٠٠٠٧٥٧٣
١, ٤٦	٠,٠٠٠٠٨١٤٦	٠,٠٠٠٠٧٢٤٢	٠,٠٠٠٠٧٦٧٧
١, ٤٧	٠,٠٠٠٠٨٢٥٨	٠,٠٠٠٠٧٣٣٧	٠,٠٠٠٠٧٧٨٠
١, ٤٨	٠,٠٠٠٠٨٣٦٦	٠,٠٠٠٠٧٤٣٣	٠,٠٠٠٠٧٨٨٥
١, ٤٩	٠,٠٠٠٠٨٤٧٧	٠,٠٠٠٠٧٥٢٩	٠,٠٠٠٠٧٩٩٠
١, ٥٠	٠,٠٠٠٠٨٥٨٩	٠,٠٠٠٠٧٦٢٦	٠,٠٠٠٠٨٠٩٦
١, ٥١	٠,٠٠٠٠٨٧٠١	٠,٠٠٠٠٧٧٢٤	٠,٠٠٠٠٨٢٠٢

مقادير مقابله			
سرع متوسطه	لكمية نق س أو (وع + وع) في الخيلجان	لكمية (وع + وع) في الانايب	
= وع	اتلوين	بروني	بروني
٥٢	٠٠٠٠٨٨١٤	٠٠٠٠٧٨٢٢	٠٠٠٠٨٣١٠
٥٣	٠٠٠٠٨٩٢٨	٠٠٠٠٧٩٢١	٠٠٠٠٨٤١٨
٥٤	٠٠٠٠٩٠٤٣	٠٠٠٠٨٠٢٠	٠٠٠٠٨٥٢٦
٥٥	٠٠٠٠٩١٥٨	٠٠٠٠٨١٢٠	٠٠٠٠٨٦٣٦
٥٦	٠٠٠٠٩٢٧٤	٠٠٠٠٨٢٢١	٠٠٠٠٨٧٤٦
٥٧	٠٠٠٠٩٣٩١	٠٠٠٠٨٣٢٢	٠٠٠٠٨٨٥٦
٥٨	٠٠٠٠٩٥٠٩	٠٠٠٠٨٤٢٤	٠٠٠٠٨٩٦٨
٥٩	٠٠٠٠٩٦٢٧	٠٠٠٠٨٥٢٧	٠٠٠٠٩٠٨٠
٦٠	٠٠٠٠٩٧٤٦	٠٠٠٠٨٦٣٠	٠٠٠٠٩١٩٣
٦١	٠٠٠٠٩٨٦٦	٠٠٠٠٨٧٣٣	٠٠٠٠٩٣٠٦
٦٢	٠٠٠٠٩٩٨٦	٠٠٠٠٨٨٣٨	٠٠٠٠٩٤٢٠
٦٣	٠٠٠١٠١٠٨	٠٠٠٠٨٩٤٣	٠٠٠٠٩٥٣٥
٦٤	٠٠٠١٠٢٣٠	٠٠٠٠٩٠٤٨	٠٠٠٠٩٦٥١
٦٥	٠٠٠١٠٣٥٢	٠٠٠٠٩١٥٥	٠٠٠٠٩٧٦٧
٦٦	٠٠٠١٠٤٧٦	٠٠٠٠٩٢٦١	٠٠٠٠٩٨٨٤
٦٧	٠٠٠١٠٥٩٩	٠٠٠٠٩٣٦٩	٠٠٠١٠٠٠٢
٦٨	٠٠٠١٠٧٢٥	٠٠٠٠٩٤٧٧	٠٠٠١٠١٢٠



مقبادير مقابله			سرع متوسطة ع =
لكمية نق س او (وع + وع <sup>٢</sup> ) في الخيلجان		لكمية (وع + وع <sup>٢</sup> ) في الانابيب	
اتلويين	بروني	بروني	
٠٠٠١٠٨٥٠	٠٠٠٠٩٥٨٦	٠٠٠١٠٢٤٠	٦٩
٠٠٠١٠٩٧٧	٠٠٠٠٩٦٩٥	٠٠٠١٠٣٥٩	٧٠
٠٠٠١١١٠٤	٠٠٠٠٩٨٠٥	٠٠٠١٠٤٨٠	٧١
٠٠٠١١٢٣١	٠٠٠٠٩٩١٥	٠٠٠١٠٦٠١	٧٢
٠٠٠١١٣٦٠	٠٠٠١٠٠٢٦	٠٠٠١٠٧٢٣	٧٣
٠٠٠١١٤٨٩	٠٠٠١٠١٣٨	٠٠٠١٠٨٤٥	٧٤
٠٠٠١١٦٢٠	٠٠٠١٠٢٥١	٠٠٠١٠٩٦٩	٧٥
٠٠٠١١٧٥٠	٠٠٠١٠٣٦٤	٠٠٠١١٠٩٧	٧٦
٠٠٠١١٨٨١	٠٠٠١٠٤٧٧	٠٠٠١١٢١٧	٧٧
٠٠٠١٢٠١٤	٠٠٠١٠٥٩٢	٠٠٠١١٣٤٣	٧٨
٠٠٠١٢١٤٦	٠٠٠١٠٧٠٦	٠٠٠١١٤٦٩	٧٩
٠٠٠١٢٢٨١	٠٠٠١٠٨٢٢	٠٠٠١١٥٩٦	٨٠
٠٠٠١٢٤١٤	٠٠٠١٠٩٣٨	٠٠٠١١٧٢٣	٨١
٠٠٠١٢٥٥١	٠٠٠١١٠٥٥	٠٠٠١١٨٥١	٨٢
٠٠٠١٢٦٨٦	٠٠٠١١١٧٢	٠٠٠١١٩٨٠	٨٣
٠٠٠١٢٨٢٢	٠٠٠١١٢٩٠	٠٠٠١٢١١٠	٨٤
٠٠٠١٢٩٦٠	٠٠٠١١٤٠٩	٠٠٠١٢٢٤٠	٨٥

مقادير مقابله			
سرع متوسطة	لكمية تق س أو (وع + وع) في الخلبان	لكمية (وع + وع) في الانابيب	
= ع	اتلوين	بروني	بروني
٨٦, ١	٠٠٠١٣٠٩٧	٠٠٠١١٥٢٨	٠٠٠١٢٣٧١
٨٧, ١	٠٠٠١٣٢٣٧	٠٠٠١١٦٤٨	٠٠٠١٢٥٠٢
٨٨, ١	٠٠٠١٣٣٧٥	٠٠٠١١٧٦٨	٠٠٠١٢٦٣٥
٨٩, ١	٠٠٠١٣٥١٦	٠٠٠١١٨٨٩	٠٠٠١٢٧٦٨
٩٠, ١	٠٠٠١٣٦٥٧	٠٠٠١٢٠١١	٠٠٠١٢٩٠١
٩١, ١	٠٠٠١٣٧٩٨	٠٠٠١٢١٣٣	٠٠٠١٣٠٣٦
٩٢, ١	٠٠٠١٣٩٤١	٠٠٠١٢٢٥٦	٠٠٠١٣١٧١
٩٣, ١	٠٠٠١٤٠٨٤	٠٠٠١٢٣٨٠	٠٠٠١٣٣٠٧
٩٤, ١	٠٠٠١٤٢٢٨	٠٠٠١٢٥٠٤	٠٠٠١٣٤٤٣
٩٥, ١	٠٠٠١٤٣٧٣	٠٠٠١٢٦٢٨	٠٠٠١٣٥٨١
٩٦, ١	٠٠٠١٤٥١٩	٠٠٠١٢٧٥٤	٠٠٠١٣٧١٨
٩٧, ١	٠٠٠١٤٦٦٤	٠٠٠١٢٨٨٠	٠٠٠١٣٨٥٧
٩٨, ١	٠٠٠١٤٨١١	٠٠٠١٣٠٠٦	٠٠٠١٣٩٩٦
٩٩, ١	٠٠٠١٤٩٥٩	٠٠٠١٣١٣٤	٠٠٠١٤١٣٦
٠٠, ٢	٠٠٠١٥١٠٧	٠٠٠١٣٢٦٢	٠٠٠١٤٢٧٧
٠١, ٢	٠٠٠١٥٢٥٧	٠٠٠١٣٣٩٠	٠٠٠١٤٤١٨
٠٢, ٢	٠٠٠١٥٤٠٥	٠٠٠١٣٥١٩	٠٠٠١٤٥٦٠

مقادير مقابلة			سرعة متوسطة ع =
لكمية نق س أو (و ج + و ج) في الخلجان	لكمية (و ج + و ج) في الانابيب		
ايتاوين	بروني	بروني	
٠,٠٠١٥٥٥٦	٠,٠٠١٣٦٤٩	٠,٠٠١٤٧٠٣	٢, ٠٣
٠,٠٠١٥٧٠٧	٠,٠٠١٣٧٧٩	٠,٠٠١٤٨٤٧	٢, ٠٤
٠,٠٠١٥٨٥٩	٠,٠٠١٣٩١٠	٠,٠٠١٤٩٩١	٢, ٠٥
٠,٠٠١٦٠١٢	٠,٠٠١٤٠٤٢	٠,٠٠١٥١٣٦	٢, ٠٦
٠,٠٠١٦١٦٥	٠,٠٠١٤١٧٤	٠,٠٠١٥٢٨١	٢, ٠٧
٠,٠٠١٦٣٢٠	٠,٠٠١٤٣٠٧	٠,٠٠١٥٤٣٨	٢, ٠٨
٠,٠٠١٦٤٧٤	٠,٠٠١٤٤٤٠	٠,٠٠١٥٥٧٥	٢, ٠٩
٠,٠٠١٦٦٣٠	٠,٠٠١٤٥٧٤	٠,٠٠١٥٧٢٢	٢, ١٠
٠,٠٠١٦٧٨٦	٠,٠٠١٤٧٠٩	٠,٠٠١٥٨٧١	٢, ١١
٠,٠٠١٦٩٤٣	٠,٠٠١٤٨٤٤	٠,٠٠١٦٠٢٠	٢, ١٢
٠,٠٠١٧١٠١	٠,٠٠١٤٩٨٠	٠,٠٠١٦١٦٩	٢, ١٣
٠,٠٠١٧٢٥٧	٠,٠٠١٥١١٧	٠,٠٠١٦٣٢٠	٢, ١٤
٠,٠٠١٧٤١٩	٠,٠٠١٥٢٥٤	٠,٠٠١٦٤٧١	٢, ١٥
٠,٠٠١٧٥٧٩	٠,٠٠١٥٣٩٢	٠,٠٠١٦٦٢٣	٢, ١٦
٠,٠٠١٧٧٤٠	٠,٠٠١٥٥٣٠	٠,٠٠١٦٧٧٥	٢, ١٧
٠,٠٠١٧٩٠١	٠,٠٠١٥٦٦٩	٠,٠٠١٦٩٢٨	٢, ١٨
٠,٠٠١٨٠٦٣	٠,٠٠١٥٨٠٩	٠,٠٠١٧٠٨٢	٢, ١٩

مقادير مقابله			سرع متوسطة ع =
لكمية (وع + وع <sup>٢</sup> ) في الانابيب	لكمية نق س أو (وع + وع <sup>٢</sup> ) في الخرجان		
بروني	بروني	ايتلويين	
٠,٠٠١٧٢٣٧	٠,٠٠١٥٩٤٩	٠,٠٠١٨٢٢٦	٢, ٢٠
٠,٠٠١٧٣٩٢	٠,٠٠١٦٠٩٠	٠,٠٠١٨٣٨٩	٢, ٢١
٠,٠٠١٧٥٤٨	٠,٠٠١٦٢٣١	٠,٠٠١٨٥٥٤	٢, ٢٢
٠,٠٠١٧٧٠٥	٠,٠٠١٦٣٧٣	٠,٠٠١٨٧١٩	٢, ٢٣
٠,٠٠١٧٨٦٢	٠,٠٠١٦٥١٦	٠,٠٠١٨٨٨٥	٢, ٢٤
٠,٠٠١٨١٧٩	٠,٠٠١٦٨٠٣	٠,٠٠١٩٢١٨	٢, ٢٦
٠,٠٠١٨٤٩٩	٠,٠٠١٧٠٩٣	٠,٠٠١٩٥٥٥	٢, ٢٨
٠,٠٠١٨٨٢٢	٠,٠٠١٧٣٨٥	٠,٠٠١٩٨٩٥	٢, ٣٠
٠,٠٠١٩١٤٧	٠,٠٠١٧٦٨٠	٠,٠٠٢٠٢٣٨	٢, ٣٢
٠,٠٠١٩٤٧٥	٠,٠٠١٧٩٧٧	٠,٠٠٢٠٥٨٤	٢, ٣٤
٠,٠٠١٩٨٠٦	٠,٠٠١٨٢٧٧	٠,٠٠٢٠٩٣٢	٢, ٣٦
٠,٠٠٢٠١٣٩	٠,٠٠١٨٥٧٩	٠,٠٠٢١٢٨٤	٢, ٣٨
٠,٠٠٢٠٤٧٦	٠,٠٠١٨٨٨٣	٠,٠٠٢١٦٣٧	٢, ٤٠
٠,٠٠٢٠٨١٥	٠,٠٠١٩١٩٠	٠,٠٠٢١٩٩٥	٢, ٤٢
٠,٠٠٢١١٥٧	٠,٠٠١٩٥٠٠	٠,٠٠٢٢٣٥٥	٢, ٤٤
٠,٠٠٢١٥٠٢	٠,٠٠١٩٨١٢	٠,٠٠٢٢٧١٨	٢, ٤٦
٠,٠٠٢١٨٤٩	٠,٠٠٢٠١٢٦	٠,٠٠٢٣٠٨٤	٢, ٤٨

مقادير مقابلة			سرع متوسطة ع =
لكمية (وج + وج) في الانابيب	لكمية نق س أو (وج + وج) في الخلبان		
بروني	بروني	ايتاوين	
٠,٠٠٢٢١٩٩	٠,٠٠٢٠٤٤٣	٠,٠٠٢٣٤٥٣	٢, ٥٠
٠,٠٠٢٢٥٥٣	٠,٠٠٢٠٧٦٣	٠,٠٠٢٣٨٢٤	٢, ٥٢
٠,٠٠٢٢٩٠٨	٠,٠٠٢٠٠٨٥	٠,٠٠٢٤١٩٩	٢, ٥٤
٠,٠٠٢٣٢٨٧	٠,٠٠٢١٤٠٩	٠,٠٠٢٤٥٧٧	٢, ٥٦
٠,٠٠٢٣٦٢٩	٠,٠٠٢١٧٣٦	٠,٠٠٢٥١٤٩	٢, ٥٨
٠,٠٠٢٣٩٩٣	٠,٠٠٢٢٠٦٥	٠,٠٠٢٥٥٣٤	٢, ٦٠
٠,٠٠٢٤٣٦٠	٠,٠٠٢٢٣٩٧	٠,٠٠٢٥٩٢٢	٢, ٦٢
٠,٠٠٢٤٧٣٠	٠,٠٠٢٢٧٣١	٠,٠٠٢٦١١٨	٢, ٦٤
٠,٠٠٢٥١٠٢	٠,٠٠٢٣٠٦٨	٠,٠٠٢٦٥٠٩	٢, ٦٦
٠,٠٠٢٥٤٧٨	٠,٠٠٢٣٤٠٧	٠,٠٠٢٦٩٠٥	٢, ٦٨
٠,٠٠٢٥٨٥٦	٠,٠٠٢٣٧٤٩	٠,٠٠٢٧٣٠٣	٢, ٧٠
٠,٠٠٢٦٢٣٧	٠,٠٠٢٤٠٩٣	٠,٠٠٢٧٧٠٤	٢, ٧٢
٠,٠٠٢٦٦٢١	٠,٠٠٢٤٤٤٠	٠,٠٠٢٨١٠٨	٢, ٧٤
٠,٠٠٢٧٠٠٧	٠,٠٠٢٤٧٨٩	٠,٠٠٢٨٥١٥	٢, ٧٦
٠,٠٠٢٧٣٩٧	٠,٠٠٢٥١٤١	٠,٠٠٢٨٩٢٥	٢, ٧٨
٠,٠٠٢٧٧٨٩	٠,٠٠٢٥٤٩٥	٠,٠٠٢٩٣٣٨	٢, ٨٠
٠,٠٠٢٨١٨٤	٠,٠٠٢٥٨٥١	٠,٠٠٢٩٧٥٤	٢, ٨٢



مقادير مقابله			سرع متوسطة ع =
لكمية تق س أو (وع + وع) في الخلبان	لكمية (وع + وع) في الانابيب		
ايالوين	بروني	بروني	
٠٠٣٠١٧٢	٠٠٢٦٢١٠	٠٠٢٨٥٨١	٢, ٨٤
٠٠٣٠٥٩٤	٠٠٢٦٥٧٢	٠٠٢٨٩٨٢	٢, ٨٦
٠٠٣١٠١٨	٠٠٢٦٩٣٦	٠٠٢٩٣٨٥	٢, ٨٨
٠٠٣١٤٤٦	٠٠٢٧٣٠٢	٠٠٢٩٧٩١	٢, ٩٠
٠٠٣١٨٧٦	٠٠٢٧٦٧١	٠٠٣٠٢٠٠	٢, ٩٢
٠٠٣٢٣٠٩	٠٠٢٨٠٤٣	٠٠٣٠٦١٢	٢, ٩٤
٠٠٣٢٧٤٥	٠٠٢٨٤١٧	٠٠٣١٠٢٦	٢, ٩٦
٠٠٣٣١٨٥	٠٠٢٨٧٩٣	٠٠٣١٤٤٣	٢, ٩٨
٠٠٣٣٦٢٧	٠٠٢٩١٧٢	٠٠٣١٨٦٣	٢, ٠٠

## في تحرك الغازات

### الفصل الاول

في التصرف الدوامي للغاز من منفذ صغير في الحالة التي تقطع النظر فيها عن الاحتكاك  
 ١٩٦ ولنعبر بخيطا من الخيوط التي يتركب منها السائل المتحرك فنقول  
 ليكن  $اب$  كما في (شكل ٦١) جزءا من هذا الخيط و  $د$  رمزا  
 لسعة القطع  $اب$  و  $ض$  رمزا للضغط على كل متر مربع  
 من هذا القطع و  $ع$  رمزا للسرعة العمودية على القطع المذكور  
 و  $ا$  و  $ب$  رموزا للكميات المشابهة للمتقدمة في القطع  $اب$  و  $د$  و  $ض$  و  $ع$   
 رموزا لها في قطع متوسط حيثما اتفق كالقطع  $اب$   
 وليكن  $ح$  د قطعاً قريبا جدا من القطع  $اب$  و  $ف$   $ا$  و  $ع$  فانه  
 رمزا للبعد هذين القطعين يجعل  $ف$   $ا$   $ز$   $م$  الزمن الذي تنتقل فيه  
 العناصر من القطع  $اب$  الى القطع  $ح$  د وليكن ايضا  $ف$   $ا$   $ز$   $م$  الفرق  
 قوازن القطعين المذكورين  
 ولنطبق على السائل  $اب$   $ح$  د الاسطوانة الصورة تقريبا قاعدة تحرك  
 مركز الثقل

وفي هذه الحالة يكون لمركز ثقل هذا الجسم عجلة  $\frac{ف}{ا} \frac{ع}{ض}$  مساوية تقريبا لعجلة  
 عناصر القطع  $اب$

وفي هذه الحالة تكون القوى الخارجة المؤثرة في الجملة هي اولا  $د$   $ض$  وتؤثر  
 في القطع  $اب$  وثانيا  $ع$   $د$   $ض$   $ا$   $ز$   $م$  وتؤثر في القطع  $ح$  د ثم أن  
 الثقل  $م$  يكون مسقطه على اتجاه التحرك  $م$   $د$   $ف$   $ا$   $ز$   $م$  فاذن يحدث

$$م \frac{ف}{ا} \frac{ع}{ض} = م \frac{ف}{ا} \frac{ع}{ض} - د \frac{ف}{ا} \frac{ع}{ض}$$

فيجعل  $ط$  رمزا للثقل متر من الغاز بالنسبة للضغط  $ض$  وابدال  $م$   
 بمقداره وهو  $\frac{ط}{د} ع$   $ف$   $ا$   $ز$   $م$  في الطرف الاول وابداله في الطرف الثاني

بمقداره وهو  $\frac{ط}{ط}$  فأي ينتج

$$ع \frac{فاع}{ط} = فاسه - فاضه \quad (١)$$

١٩٧ فلو كان السائل مائعا كان ط الذي هو ثقل المتر المكعب ثابتا بسبب عدم قبول المائع للضغط وكان يحدث من تكامل معادلة (١) القانون الأخير من (بند ٢)

١٩٨ ويتعلق مقدار ط في السوائل المرنة بموجب القواعد المعلومة أولا بجنس الغاز وثانيا بالضغط ضه وثالثا بدرجة الحرارة ع

وينسب الضغط ضه عادة للضغط المتوسط للجو الذي قدره  $10.334$  على كل متر مربع في مستوى توازن مياه البخار وترمز له على وجه الاختصار بالرمز ضه اذا تقرّر هذا وكان الكلام في شأن الهواء الجاف فان مقدار ط يكون عددا من الكيلوغرامات مساويا

$$1.299 \frac{ضه}{ضو} \frac{1}{ع + 0.00367}$$

فاذا كان الهواء رطبا فلاجل اعتبار الكمية الصغيرة الداخلة في الهواء الجوى يبدل المكثّر ع بالكمية  $0.004$

واذا كان السائل غازا غير الهواء فانه يلزم لتعيين ط الذي هو ثقل المتر المكعب من الغاز ضرب الكمية المتقدمة في كثافة هذا الغاز الموجودة بالحد اول اعنى في النسبة الثابتة التي توجد بين ثقل الغاز والهواء المتحددين في الحجم والضغط والدرجة الحرارية وهذه النسبة هي  $0.683$  في الايدروجين الصافي و  $978$  في غاز الايدروجين الكربن وهلم جرا ولتكن النسبة المذكورة مينة بالرمز ف فيحدث متى كان الغاز غير جاف

$$ط = 1.299 \frac{ضه}{ضو} \times \frac{1}{ع + 0.004} \times ف \quad (٢)$$

وكثيرا ما يكون الضغط ضه معيناً بارتفاع عمود من مائع لا بالكيلوغرام وفي

وفي هذه الحالة اذا كان  $\frac{v}{v_0}$  معادلا لعمود من الماء ارتفاعه  $h$  م او لعمود من الزيت ارتفاعه  $h'$  م فبفرض أن الماء في النهاية اليسرى من كثافته وان الزيت في درجة صفر يحدث

$$(3) \quad \frac{v}{v_0} = \frac{h}{h'} = \frac{\rho_0}{\rho}$$

١٩٩ وينتج من قانون (٢) انه يمكن في معادلة (١) ابدال  $h$  بـ

$$(4) \quad \frac{v}{v_0} = \frac{h}{h'} = \frac{\rho_0}{\rho}$$

$$\text{بجعل } h = \frac{(\rho_0 + 1) \cdot 10.334}{1.299} = \frac{(\rho_0 + 1) \cdot 7900}{1.299}$$

$$(5) \quad \frac{v}{v_0} = \frac{h}{h'} = \frac{\rho_0}{\rho}$$

وهي كمية ثابتة مدة تحرك الغاز الذي يفرض ان درجة حرارته ثابتة وعلى ذلك تؤول معادلة (١) الى هذه الصورة

$$(6) \quad \frac{v}{v_0} = \frac{h}{h'} = \frac{\rho_0}{\rho}$$

٢٠٠ هذه المعادلة قابلة للعملية التكامل مع الضبط ويحدث منها يجعل  $d$

ومن الفرق توازن القطع  $AB$  تحت القطع  $A'B'$

$$\frac{v_1 - v_2}{v_0} = d - 2.3026 \log \left( \frac{v_1}{v_2} \right)$$

$$(7) \quad \frac{v_1 - v_2}{v_0} = d + 2.3026 \log \left( \frac{v_1}{v_2} \right)$$

٢٠١ ويوجد بين الكميات  $v_1$  و  $v_2$  و  $\frac{v_1}{v_2}$  و  $\frac{v_2}{v_1}$  ارتباط اخر حادث من تساوى ثقل الغاز المتصرف من قطعين حيثما اتفق فيئتند يكون الجاصل  $ط$   $ع$  أو  $\frac{v_1}{v_2}$  ثابتا في سائر امتداد الخيط وحينئذ يحدث

$$(8) \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

ومن ذلك يستخرج مقدار السرعة  $v$  بالنسبة الى السرعة  $v_0$  يتحصل

من وضعه في معادلة (٧)

$$\frac{E}{\rho} \left[ 1 - \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2 \right] = d + 2,3026 \log \frac{v_1}{v_2} \quad (9)$$

وبإبدال  $k$  بمقداره (٥) يحدث

$$\frac{E}{\rho} \left[ 1 - \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2 \right] = d + 1,8317 \frac{(1 + 0,004d)}{v_1} \log \frac{v_1}{v_2} \quad (10)$$

٢٠٢ ويستعمل هذا القانون في التصرف الثابت لغاز في أنية ذات قطعين يمكن أن يعتبر في كل منهما أن الخيوط سرعة واحدة وضغطا واحدا مهما كانت كيفية تحرك هذه الخيوط في المسافة الموجودة بين القطعين المذكورين بحيث يمكن إهمال تأثير احتكاك الخيوط المذكورة ببعضها وبالانية وفي الأحوال الاعتيادية التي يكون فيها هذا الفرض مسلما تكون النسبة

$$\frac{v_1}{v_2} \text{ صغيرة جدا عن } 1 \text{ ويمكن أن يكون } d \text{ مهملا أيضا وبذلك}$$

تؤول المعادلة المتقدمة إلى هذه الصورة

$$\frac{E}{\rho} = 1,8317 \frac{(1 + 0,004d)}{v_1} \log \frac{v_1}{v_2} \quad (11)$$

٢٠٣ ويمكن البحث عن عمل تكامل معادلة (٦) على وجه التقريب بدون اللوغاريتمات

ولذا ينبه في العمل على أن الضغطين  $v_1$  و  $v_2$  لا يختلفان عن بعضهما إلا بشئ يسير ويمكن بدون خطأ اعتبار إبدال المقام المتغير وهو  $v_2$  بكمية ثابتة مساوية للمتوسط العددي من مقداريه المتطرفين وهما  $v_1$  و  $v_2$

وبواسطة هذا الإبدال يؤول تكامل معادلة (٦) إلى هذه الصورة

$$\frac{E - E_1}{\rho} = d + k \frac{v_2 - v_1}{(v_1 + v_2)}$$

أوانه يؤول بإبدال  $E$  بمقداره



ع<sub>١</sub> المستخرج من معادلة (٨) الى

$$\frac{ع_1}{\frac{1}{2}} = \left[ \left( \frac{ض_1}{ض_2} \right) - 1 \right] \frac{ع_1}{\frac{1}{2}} + د = \frac{ض_1 - ض_2}{\frac{1}{2} (ض_1 + ض_2)} \quad (١٢)$$

أوانه يؤول بإبدال ك بمقداره (٥) الى

$$\frac{ع_1}{\frac{1}{2}} = \left[ \left( \frac{ض_1}{ض_2} \right) - 1 \right] \frac{ع_1}{\frac{1}{2}} + د = \frac{ض_1 - ض_2}{\frac{1}{2} (ض_1 + ض_2)} \quad (١٣)$$

٢٠٤ ومن المهم تحقيق حدود امکان استبدال قانون (١٠) بقانون (١٣) اواحد كافئهما (٩) و (١٢) بالآخر

فاذا اريد ذلك كفى ان يتطرح مقدار الفرق الحادث بين نسبة الحدين الاخيرين من الطرفين التاليين يختلف قليلا عن ١ ام لا وهذه النسبة بمقتضى معادلتى (٩) و (١٢) تكون

$$\frac{ض_1}{ض_2} \text{ لو } ٢٣٠٢٦ \quad \text{أو} \quad \frac{ض_1 - ض_2}{\frac{1}{2} (ض_1 + ض_2)} = \frac{2}{\left[ \frac{2}{ض_1 + ض_2} - 1 \right]}$$

فاذا جعل  $\frac{ض_1}{ض_2} = ١٠٥$  و  $١٠$  و  $١$  و  $٢$  و  $٢٥$  و  $٣$  و  $٤$  يحدث للنسبة المذكورة  $١٠٠٠٢$  و  $١٠٠٠٨$  و  $١٠٣٩٧$  و  $١٠٦٩٠$  و  $١٠٩٨٦$  و  $١١٦٤$

وينتج من ذلك انه متى كانت النسبة  $\frac{ض_1}{ض_2}$  لا تتجاوز ٢ اممكن

الاعتماد في الضغط على قانون (١٣)

٢٠٥ ولنجعل  $h_1$  رمزاً الى حجم الغاز المتصرف في الثانية الواحدة من القطع الذي سعته  $V_1$  والذي يفرض فيه ضغط مشترك  $P_1$  فيه فيحدث

$$h_1 = \frac{V_1}{C_1} \quad (١٤)$$

فاذا كان المطلوب تعيين الحجم  $h_2$  المتصرف من الغاز المذكور في ضغط آخر  $P_2$  فانه يحدث

$$\frac{h_2}{P_2} = \frac{h_1}{P_1}$$

٢٠٦ وينتج من معادلة (١٤) ومن احدى معادلتى (١٠ و ١٣) مقدار التصرف النظرى المنفذ تام الانفراج وذلك بان يجعل الضغط  $P_1$  مساوياً للضغط الحادث من الهواء المحيط بالعرق المتصرف بفرض هذا العرق اسطوانياً تقريباً بمعنى ان يكون مركباً من خيوط متوازية تقريباً ذات سرعة واحدة

٢٠٧ واذا كان منفذ خروج الغاز رقيقاً فانه يحصل للعرق انضمام وبمقتضى

تجارب المهندس دو بويسون التى لم تزد فيها النسبة  $\frac{P_2 - P_1}{P_1}$  عن ٠.١٥ يكون مكرر المتصرف متغيراً من ٠.٦٣ الى ٠.٦٧ بحيث يمكن الاعتماد على ٠.٦٥ وبذلك يكون

$$h_2 = \frac{P_1}{P_2} \cdot h_1$$

بجعل  $P_1$  رمزاً لسعة المنفذ

٢٠٨ ومتى كان التصرف حاصل من موصل اصغر قطوعه

القطع  $P_2$  يلزم بمقتضى ما ذهب اليه المهندس دو بويسون المذكور أن يبدل

٠.٦٥ بعدد ٠.٩٣ اذا كان الموصل اسطوانياً وبعدد ٠.٩٤ اذا

كانت صورته مخروطية خفيفة بمعنى أن زاوية الاقتراب تكون

من ١٠ الى ١٢ درجة

٢٠ هـ تطبيق على ما تقدم

اذا وجد حوض محتو على هواء ضغطه اكبر من ضغط الجو بكمية معينة يعود من الزئبق ارتفاعه ٠٣ ر ٢٠ وكان ضغط الجو ٧٤٤ ر ٠ من متر ودرجة الحرارة ١٣ وكان المطلوب تعيين حجم الهواء الذي يتصرف من هذا الحوض بواسطة موصل قصير قطره ٧٥ ر ٢٠ بفرض أن هذا الحجم محمول الى الضغط ٧٦ من البارومتر والى درجة صفر من الترموميتر يقال حيث كان الضغطان ضه و ضه مناسبين للعددين ٧٧٤ و ٧٤٤

$$\text{يُحصل} \quad \frac{٠٣ ر}{٧٥٩ ر} = \left[ \frac{\text{ضه} - \text{ضه}}{(\text{ضه} + \text{ضه})} \right]$$

وهو مقدار يلزم وضعه في معادلة (١٣) بان يجعل فيها

$$\text{ع} = ١٣ \text{ و } \text{ف} = ١ \text{ ويمكن اجمال } \frac{\text{ضه}^٢}{\text{ضه}^٢} \text{ فيحدث}$$

$$\frac{\text{ع}^٢}{٢٣} = \text{د} + ٧٩٥٥ \times ١٠٥٢ ر \times \frac{٠٣ ر}{٧٥٩ ر} = \text{د} + ٣٣١$$

فيثبت يشاهد انه يلزم أن يكون الارتفاع د عظيما جدا كي يكون معتبرا ولنقطع النظر عنه فيحدث

$$\text{ع}_١ = ٨٠٦$$

$$\text{وحيث كان قطع المنفذ ب} = \frac{١}{٤} \text{ ط } (٠٧٥ ر) = ١٧٤٤١٧ ر$$

يكون الحجم المتصرف بالنسبة للضغط ضه

$$\text{ه} = ٩٤ ر \quad \text{ب} = ٣٣٤٦ ر$$

فيكون هـ الذي هو حجم الغاز المذكور بالنسبة للضغط ضه ودرجة الحرارة ح

$$\text{هـ} = \text{ه} \times \frac{\text{ضه}}{\text{ضه}} \times \frac{\text{ع} + ١}{\text{ع} + ١}$$

$$\text{و يجعل } \frac{\text{ضه}}{\text{ضه}} = \frac{٧٤٤ ر}{٧٦٠ ر} \text{ و } \text{ع} = ١٣ \text{ و } \text{ع} = \text{هـ}$$

يحدث هـ = ٠.٣٣٤٦ ×  $\frac{٧٤٤}{٧٦٠}$  ×  $\frac{١}{١٢.٥٢}$  = ٣١١٧ و

وهو الحجم المطلوب

٢١٠ فإذا كانت النسبة  $\frac{ض}{ض}$  كبيرة جدا فإن القوانين المتقدمة

لا تكون مستعملة في حساب المتصرف الحادث من منفذ رقيق أو من موصل وهذه القوانين مؤسسية على عدة فروض

الفرض الأول أن يكون للعرق المتصرف على بعد صغير من المنفذ قطع مشترك فيه العناصر في السرعة وضغط مشترك مساو لضغط الهواء المحيط بالعرق ولا يخفى ما في هذا الفرض من الشك لا سيما في جعل الضغط مساويا للضغط الهواء المحيط بالعرق متى كان الضغط الداخلي في الغاز المتصرف من الخوض كبيرا ويمكن كما هو الغالب أن يكون للسائل الخارج من الخوض جزء من الضغط الزائد الموجود في داخل الخوض المذكور وأن يكون العرق السائل منتشرا بعد الانضمام ويظهر حينئذ أن للخيوط تحركا منحنيًا معشبرا ما عدى الخيط المركزي فعلى ذلك يتناقص الضغط بالابتداء من هذا الخيط المركزي إلى محيط العرق الذي يكون فيه قريبا من ضغط الهواء المحيط بهذا العرق

الفرض الثاني أن يمكن إهمال الاحتكاك الحاصل مدة التصرف وذلك غير مسلم في التصرفات التي لها سرعة عظيمة ويؤخذ من هذه التنبيهات أنه لا يمكن أن تحسب بكيفية مضبوطة سرعة غاز متصرف في الفراغ بواسطة القواعد النظرية

## الفصل الثاني

في التحرك الدوامي للغازات في الأنابيب الاسطوانية

٢١١ ولنفرض لأجل سهولة حل هذه المسئلة أن الغاز يتحرك على صورة شقوق متوازية

وليكن جزء من السائل كما (في شكل ٦٢) محصورا بين القطعين أ ب و ح د اللذين بعدهما الصغير جدا المبين بالرمز فاي مقطوع في الزمن  $t$  فليكن

وحيث

وحيث كان الضغطان الكليان الحاصلان على الوجهين أ ب و ج د هما  
 - ضه و - ( ضه + فاضه ) وكان فرق توازنهما ب و هو  
 فاسه وكان ثقل المتر المكعب من الغاز الذي ضغطه ضه هو ط لا يبقى  
 علينا لأجل تطبيق قاعدة تحرك مركز الثقل على الجزء المعتبر من الغاز  
 إلا اعتبار المقاومة الطولية المشابهة للمقاومة الطولية الحاصلة في تحرك المائع  
 بالانابيب بأن تجعل مناسبة

أولا لسطح التماس وهو ح فاشه

وثانيا لدالة بدرجة ثانية للسرعة المتوسطة وقد ظهر أنها مناسبة أيضا للوزن  
 الخاص بالغاز فينتد تكون القوة المذ كورة معينة هكذا

$$\text{ط ح فاشه} = (\text{و ع} + \text{و ع}')$$

ألا ان التجربة دلت على انه يمكن اهمال الحد و ع بالنسبة للحد و ع'  
 كما يمكن اجراء ذلك أيضا في الموائع اذا كان لها سرع عظيمة فاذن يحدث معنا  
 معادلة مشابهة للمعادلة المتقدمة في (بند ١٩٦) وهي

$$\text{م} \cdot \frac{\text{ف ع}}{\text{ف ا}} = \text{م} \cdot \frac{\text{ف ا}}{\text{ف ا}} - \text{فاضه} - \text{ط ح و ع' فاشه}$$

ويابدال م بمقداره  $\frac{\text{ط ح و ع فاشه}}{\text{ط ح و ع فاشه}}$  أو  $\frac{\text{ط ح و ع فاشه}}{\text{ط ح و ع فاشه}}$  يحدث

$$\frac{\text{ع ف ع}}{\text{ط ح و ع فاشه}} = \text{ف ا} - \frac{\text{فاضه}}{\text{ط ح و ع فاشه}} - \frac{\text{ع}}{\text{ط ح و ع فاشه}} \text{ فاشه}$$

اوانه يحدث من ابدال ط بكمية  $\frac{\text{ع}}{\text{ط ح و ع فاشه}}$  كما تقدم في (بند ١٩٩)  
 و  $\frac{\text{ع}}{\text{ط ح و ع فاشه}}$  بكمية  $\frac{\text{ع}}{\text{ط ح و ع فاشه}}$  يجعل قط رمز القطر انبوبة تحرك الغاز

$$\frac{\text{ع ف ع}}{\text{ط ح و ع فاشه}} = \text{ف ا} - \frac{\text{ل فاضه}}{\text{ط ح و ع فاشه}} \times \frac{\text{ع}}{\text{ط ح و ع فاشه}} \text{ فاشه} \quad (١٦)$$

٢١٢ وقد نهينا في (بند ٢٠١) على انه يوجد بين المتغيرين ع و ضه  
 ارتباط بسيط لان الثقل ط ع أو ضه ع للغاز المتصرف في الثانية  
 الواحدة ثابت وحيث كانت الكميتان ل و - ثابتين ايضا في سائر  
 امتداد الانبوبة ينتج من ذلك أن ضه ع ثابت وليكن حينئذ ضه ع = ل



فيستنتج من ذلك

$$ع = \frac{ل}{ض} \text{ و } فاع = - \frac{ل}{ض} \text{ فاضية}$$

وبإبدال ع و فاع بمقداريهما المذكورين في معادلة (١٦) يحدث

$$- \frac{ل}{ض} \times \frac{ف}{ض} = فاس - \frac{ل}{ض} \text{ فاضية} - \frac{ل}{ض} \times \frac{ف}{ض} \text{ فاشية}$$

اوانه يحدث من ضرب طرفي المعادلة في - ض

$$\frac{ل}{ض} \times \frac{ف}{ض} = - ض فاس + ل ض فاضية + \frac{ل}{ض} \times \frac{ف}{ض} \text{ فاشية}$$

وليس في هذه المعادلة حد غير قابل لعملية التكامل مباشرة الا الحد

- ض فاس لان ض متغير مع س لكن حيث امكن اهمال فرق

توازن نهايتي انبوبة توصيل غاز من جهة وتغير الضغط ض تغيرا يسيرا بالنسبة

لمقاديره المتطرفة من جهة اخرى لا يحدث الا خطأ يسير جدا من ابدال

ض بالم متوسط العددي لمقداريه وهما ض و ض المأخوذين

في نهايتي انبوبة توصيل الغاز المذكورة

ومن هنا يعمل تكامل المعادلة الاخيرة في هذا الفرض بجعل ل رمزا لطول

الانبوبة و س رمزا لفرق توازن الطرف الخلفي للانبوبة عن طرفها الامامي

فيحدث

$$2,3026 \frac{ل}{ض} (لو ض - لو ض) = \frac{ل}{ض} (ض + ض) س + \frac{ل}{ض} (ض - ض) + \frac{ل}{ض} \times \frac{ف}{ض}$$

وبإبدال ل بمقداره وهو ض ع الحاصل فيه الضغط ض والسرعة ع

في الطرف الامامي من الانبوبة اي الطرف الذي يتصرف منه الغاز ينتج من ذلك

بالسهولة

$$\frac{ل}{ض} \left( \frac{ل}{ض} + \frac{ل}{ض} \right) = \frac{ل}{ض} \left( 1 + \left( \frac{ض}{ض} \right) \right) س + \frac{ل}{ض} \left( 1 - \left( \frac{ض}{ض} \right) \right)$$

(١٧)

٢١٣ ولاجل استعمال هذه المعادلة يلزم ابدال  $\frac{1}{2}$  بمقدار المقترن في معادلة (٥) وهو  $\frac{1}{2} \times 7900 (1 + 0.004 \times 2)$  وابدال  $\frac{1}{2}$  بعدد حادث من التجربة

وقد ظهر للمهندس نافيير بواسطة نتائج التجارب التي عملها المهندسان اللذان هما دو بويسون وچيرار انه يمكن اياها كان الغاز ان يجعل

$$\frac{1}{2} = 0.00348$$

ويتبع من ذلك أن المكثّر  $\frac{1}{2}$  يكون  $0.00350$  وهذا العدد يساوي تقريبا المكرر  $\frac{1}{2}$  الموافق لتحرك الماء في الخلجان المكشوفة

٢١٤ فإذا اريد اجتناب استعمال اللوغاريتمات امكن بمقتضى ما ذكر

(في بند ٢٠٤) ابدال  $23026$  لـ  $\frac{1}{2}$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{1 + \frac{1}{2}} - 1 \right) \text{ او } \left[ \frac{1}{1 + \frac{1}{2}} - 1 \right]^2$$

وبذلك تؤول معادلة (١٧) الى هذه الصورة

$$\left[ \frac{1}{2} \left( \frac{1}{1 + \frac{1}{2}} - 1 \right) \right]^2 = \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{1}{1 + \frac{1}{2}} - 1 \right) \right]^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{1 + \frac{1}{2}} - 1 \right)$$

$$(18) \quad \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{1}{2} \right) \right] + \frac{1}{2}$$

\* (تطبيق على ما تقدم) \*

$$215 \quad \text{اذا فرضت انبوبة طولها } L = 1000$$

$$\text{وقطرها } \frac{1}{2} = 20.2$$

$$\text{وانحدارها الكلي } S = 25$$

وفرض ايضا ان في الطرف الذي يتصرف منه الغاز موصلًا صغيرًا

$$\text{قطره } \frac{1}{2} = 20.6$$

وان الطرف الذى يدخل منه الغاز فى الانبوبة مركب على حوض محتو على  
هواء درجته  $300^{\circ}$  وان هذه الدرجة فى سائر امتداد الانبوبة حينئذ  
تساوى ايضا  $300^{\circ}$  وان كمية الهواء المتصرف فى الثانية الواحدة المقيسة  
فى الضغط  $0.76$  من البارومتر وفى درجة صفر من الحرارة تكون  
 $0.493$  مترامكعباى هـ =  $0.493$

وكان المطلوب الضغط فى داخل الحوض والضغط الخارج على النهاية التى يتصرف  
منها الغاز وهو الضغط المقابل للارتفاع  $0.75$  من البارومتر فالجواب  
ان يقال

ليكن ضه و ع رموزا الى الضغط والقطع والسرعة فى منفذ الخروج  
وليكن ضه و د و ع كمافى (شكل ٦٣) رموزا الى الكميات المشابهة  
للمتقدمة فى نقطة قريبة من منفذ الخروج ولتكن ضه و د و ع رموزا  
الى الكميات المشابهة للمتقدمة فى نقطة قريبة من منفذ الدخول الذى  
فيه الضغط ضه مجهول والسرعة معدومة تقريرا فتؤول معادلة (١٢)  
التي يجعل فيها  $d = 0$

و  $k = 7900 = (1 + 0.0041 \times 300) = 1750.10$   
الى هذه الصورة

$$(19) \frac{ضه - ضه}{ضه + ضه} \times 350.20 = \left[ \left( \frac{ضه}{ضه} \right)^2 - \left( \frac{د}{د} \right)^2 \right] \frac{ع}{د}$$

وتكون السعة الحقيقية لمنفذ الخروج مساوية  $\frac{1}{4}$  ط (٠.٦) غير انه  
يحصل انضمام بعد المنفذ يستدعى لهذه السعة مكررا قدره  $0.94$  انظر (بند  
٢٠٨) ومن ذلك يحدث

$$\frac{د}{ع} = \frac{0.94}{0.6} \times ط = 846 \times 0.000 ط$$

وبمقتضى المعاليم المتقدمة ينحصل

$$د = \frac{1}{4} ط (0.20) = 0.1 ط$$

ومن ذلك ينتج

$$\frac{1}{2} = 0.846$$

وتكون السرعة  $c$  ناتجة ايضا من المعاليم المذكورة لأن  $h$  اي المتصرف في الثانية الواحدة بالنسبة للضغط  $ض$  وللدرجة  $300^\circ$  من الحرارة

$$h = 0.492 \times \frac{0.76}{0.75} (1 + 0.004 \times 300) = 0.87$$

ومنها ينتج

$$c = \frac{1}{\frac{0.87}{0.000846}} = 4.08$$

$$\frac{c}{2} = 8480$$

وحينئذ تؤول معادلة (١٩) الى هذه الصورة

$$8480 = \left[ 1 - \left( \frac{ض}{ض} \right)^2 \right] (0.846) - 1 \times 35000 = \frac{ض - ض}{ض + ض}$$

وباختصار ذلك واستبدال  $\frac{ض}{ض}$  بالحرف  $e$  يحدث

$$(20) \quad 1 - \frac{1-e}{1+e} = 41.25 = \frac{0.0072}{2}$$

وبإهمال  $\frac{0.0072}{2}$  لصغر هجدا بالنسبة الى ١ تؤول المعادلة الى الدرجة الاولى فيتحصل معنا حينئذ

$$e = \frac{1+41.25}{1-41.25} = 100$$

ويمكن ان يستنتج من ذلك  $e = 100$  وان يوضع هذا المقدار التقريبي في معادلة (٢٠) لاجل ان يستخرج لكمية  $e$  مقدار ارضي من المتقدم فيحصل  $e = 100.6$  غير ان في المقدار التقريبي الاول كفاية فاذن يحدث

$$ض = 100 ض$$

وهذا المقدار تحسب  $c$  بالسهولة لانه يحدث من (بند ٢٠٢)

$$ض = 100 ض$$

١ ١ ١

ومن ذلك يحدث بسبب ان  $\text{ض}^{\text{ه}} = ١٠٥ \text{ ر}^{\text{ا}}$  و  $\text{ض}^{\text{و}} = ١٠٨٤٦ \text{ ر}^{\text{د}}$  و

$$\text{و}^{\text{ع}} = ٤٠٨$$

$$\text{ع}^{\text{ع}} = \frac{٠.٨٤٦ \times ٤٠٨}{١٠٥} = ٣٢,٨٧ \text{ ومنها ينتج}$$

$$\frac{\text{ع}^{\text{ع}}}{\text{ع}} = ٥٥,٠٧$$

ويلزم الآن استعمال معادلة (١٨) لاجل تعيين  $\frac{\text{ض}^{\text{ه}}}{\text{ض}^{\text{و}}}$  الذي ينبغي

وضعه في هذه المعادلة عوضاً عن  $\frac{\text{ض}^{\text{ه}}}{\text{ض}^{\text{و}}}$  ولنعرض له لاجل الاختصار بالرمز  $\text{ك}$

ونجعل زيادة على ذلك في المعادلة المذكورة

$$\frac{\text{ع}^{\text{ع}}}{\text{ع}} = ٥٥,٠٧ \text{ و } \text{ك} = ١٧٥٠,١٠ \text{ و } \text{س} = ١٢٥$$

$$\text{و}^{\text{ل}} = ١٠٠٠ \text{ و } \text{قط} = ٢٠ \text{ ر}^{\text{د}} \text{ و } \text{كو} = ٠,٣٤٨ \text{ ر}^{\text{د}}$$

فتؤول معادلة (١٨) الى هذه الصورة

$$٧٨٥٠٠ = [(\frac{\text{ع}^{\text{ع}}}{\text{ع}} - ١) \text{ك} + ٥٠٠٠ \times ٠,٢٧٨٤] ٥٥,٠٧$$

$$(\text{ك} - ١) + ١٢,٥ (\text{ك} + ١)$$

أو يحدث بعد عمل الحسابات واختصارها

$$\text{ك} = ١٠٩ - \frac{٠,٠٥}{١ + \text{ك}}$$

ويجعل  $\text{ع} = ١$  في المقام لاجل تحصيل مقدار تقريبي للمجهول  $\text{ك}$

يحدث مقدار آخر اضبط من المتقدم وهو

$$\text{ع} = \sqrt{١٠٨٧٥} = ١٠٤,٣$$

ومن هنا ينتج

$$\text{ض}^{\text{ه}} = ١٠٤ \times \text{ض}^{\text{و}} = ١٠٥ \times ١٠٨٤٦ \times \text{ض}^{\text{ه}} = ١٠٩٥ \times \text{ض}^{\text{ه}}$$

وحيث أن النسبة  $\frac{\text{ض}^{\text{ه}}}{\text{ض}^{\text{و}}}$  والسرعة  $\text{ع}$  معلومتان يتحصل  $\text{ع}$  بواسطة

معادلة (٢٠١) التي هي  $\text{ض}^{\text{ه}} \text{ع} = \text{ض}^{\text{و}} \text{ع}$  ومن هنا يحدث

$$\text{ع} = \frac{٣٢,٨٧}{١٠٤,٣} = ٣١,٥١$$

وبناء على ذلك يحدث



$$\frac{٥٠,٦٠}{٢٢} = \frac{ع}{٢}$$

فلم يبق علينا لأجل تعيين ضه الاعتبار الغاز عند مروره من الحوض الى الموصل

فإذا فرض أن منفذ الدخول منفرج انفراجا تاما استعمل لذلك معادلة (٧) أو معادلة (١٢) بأن يجعل فيها

$$د = ٠ \text{ و } ب = ٠ \text{ وحيث أنه يتحصل}$$

$$\frac{ع}{٢} = ك \times ٢,٣٠٢٦ \text{ لو } \frac{ض}{ض} \text{ أو } \frac{ع}{٢} = ٢ ك \frac{ض - ض}{ض + ض}$$

وبإبدال  $\frac{ع}{٢}$  بمقداره ٥٠,٦٠ و ك بمقداره ١٧٥٠,١٠ يحدث

$$\text{لو } \frac{ض}{ض} = \frac{٢,٣٠٢٦ \times ٥٠,٦٠}{١٧٥٠,١٠} = ٠,٠٠٠٢٨٩١٤$$

ومن هنا ينتج

$$\frac{ض}{ض} = ٠,٠٠٠٢٨٩ \text{ أو } \frac{ض - ض}{ض + ض} = ٠,٠٠٠١٤٤٥٧$$

ومن ذلك يحدث

$$\frac{ض}{ض} = \frac{٠,٠٠٠١٤٤٥٧}{٠,٩٩٩٨٥٥٤٣} = ١,٠٠٠٠٨٠$$

وبشاهد أنه يحدث من المعادلتين المتقدمتين نتيجة واحدة وأن ضه لا تختلف عن ضه إلا اختلافا قليلا ويحصل مثل ذلك فيما إذا كانت انبوية تحرك الغاز غير منفرجة المدخل بمعنى أنها تكون كوصل اسطوانى وفي هذه الحالة يمكن اعتبار تأثير الموصل مكافئاً تقريباً لانتفاص القطع أو لزيادة السرعة بنسبة

٩٣,٠ الى ١ فاذن يلزم أن يستبدل في معادلة (٧) و (١٢)

$$\frac{ع}{٢} \text{ بعدد } ٥٠,٦٠ \times \frac{١}{(٠,٩٣)} = ٥٨,٥$$

$$\text{ومن هنا يستنتج } \frac{ض}{ض} = ٣٢,٠$$

وليس يخرج من ذلك على وجه الاختصار أن نسبة الضغط الداخل ضه إلى  
الضغط الخارج ضه تساوى ٠٩٥ ر١ فاذن تكون معادلة  
الارتفاع عمود من الزئبق قدره ٢٠٧٥ ر٢  $\times$  ٠٩٥ ر١ = ٢٠٨٢١ ر٢  
وبحينئذ فإن ارتفاع العمود البارومتري الخارج الموضوع بجوار الحوض الذى  
ارتفاعه عن المنفذ ٢٥ يكون تقريبا ٠٧٥ ر٢ - ٠٠٢ ر٢ = ٧٤٨ ر٢  
والفرق ٢٠٧٣ ر٢ يمكن ان يبين بما نؤتمتع به

### الفصل الثالث

فى الشغل اللازم لادخال كمية معينة من الهواء فى حوض

٢١٦ وليفرض أن اسطوانة ا ب ح د كما فى (شكل ٦٤) مملوءة من  
هواء ضغطه يساوى ضه وهو ضغط الهواء الخارج وان الغاز الموجود  
بها مجبور على فتح الساقطة ط ط بواسطة مكبس ا ب وعلى دخوله فى حوض  
يكون ضغطه هو ضه والمطلوب فى هذه الحالة الشغل اللازم  
لحصول ذلك

وليكس س رمز اللبعد ا ح و ر رمز السعة قطع الاسطوانة و ه  
رمز الحجم ر س

ولنترك المكبس حالتان احدهما ان ينتقل من الوضع ا ب الى الوضع  
ا ب ليحول ضغط الهواء الموجود بالاسطوانة من الضغط ضه الى ضه  
وتكون فى هذه المدة الساقطة ط ط مغلقة وليكن س رمز اللبعد  
ا ح فيحدث بموجب قاعدة المهندس ماريوت

$$\frac{س}{ضه} = \frac{س}{ضه}$$

وبان يتهما ان ينتقل المكبس المذكور من ا ب الى ح د وتكون فى هذه  
المدة الساقطة ط ط مفتوحة

وليكس فى الحالة الاولى م ن و م ن رمزين الى الوضعين القريين جدا  
الذين

الذين ياخذهما المكبس و سـ رمز الى بعدهما عن المستوى  
حد و فاسـ رمز الى تباعدهما فاذا جعل ضـ رمز الضغط الغاز  
في الوقت الذي يشغل فيه المكبس الوضع مـ فإنه يحدث بمقتضى قاعدة  
ماريوت

$$\frac{\text{ضـ}}{\text{سـ}} = \text{ضـ}$$

ويكون شغل القوى الحادث من المكبس في المدة التي يقطع فيها البعد فاسـ  
مع كونه واقعاً على جهته الداخلة للضغط ضـ المتغير وعلى جهته  
الخارجة للضغط ضـ الثابت

$$(\text{ضـ} - \text{ضـ}) - \text{فاسـ}$$

$$\text{او} - \text{ضـ سـ} \frac{\text{فاسـ}}{\text{سـ}} - \text{ضـ} - \text{فاسـ}$$

$$\text{أو} \text{هـ} \text{ضـ} \frac{\text{فاسـ}}{\text{سـ}} - \text{ضـ} - \text{فاسـ}$$

فأذن يكون شغل القوى المذكورة مدة الحالة الاولى

$$٢٣٠٢٦ \text{ هـ} \text{ضـ} \text{لو} \frac{\text{سـ}}{\text{سـ}} - \text{ضـ} - (\text{سـ} - \text{سـ})$$

$$\text{و} ٢٣٠٢٦ \text{ هـ} \text{ضـ} \text{لو} \frac{\text{ضـ}}{\text{ضـ}} - \text{ضـ} - (\text{سـ} - \text{سـ})$$

وفي مدة الحالة الثانية تكون القوتان الحادثتان من المكبس على جهتيه ثابتتين  
وتكون محصلتهما مساوية - (ضـ - ضـ) ويكون شغلهم مساوياً  
- (ضـ - ضـ) سـ ولكن هذه الكمية مساوية ومضادة في الإشارة  
للحالة الاخرى من مقدار الشغل في الحالة الاولى لأن مجموع حدتي هذا المقدار  
الذي يؤول في مبدأ الامر الى - ضـ سـ - - ضـ سـ يكون  
معدوماً بمقتضى قاعدة المهندس ماريوت فأذن يكون الشغل المطلوب

$$\text{ش} = ٢٣٠٢٦ \text{ هـ} \text{ضـ} \text{لو} \frac{\text{ضـ}}{\text{ضـ}}$$

تطبيق على ما تقدم

٢١٧ حجم الغاز المظروف في الاسطوانة يكون ٢٠٫٤٩٣ ر إذا كان مقياسا

في درجة صفر من الحرارة وفي ضغط ٢٠٫٧٦ ونسبة  $\frac{ض_2}{ض_1} = ٠٫٩٥$  ر

فإذا كان المطلوب الشغل ش عند ما تكون درجة الحرارة ٣٠٠ يحدث

$$ه = ٢٠٫٤٩٣ \times \frac{١٠٣٣٤٠}{ض_1} (١ + ٠٫٠٠٤ \times ٣٠٠)$$

ومنها ينتج

$$ه ض_2 = ١١٢٠٨ \text{ و لو } \frac{ض_2}{ض_1} = ٠٫٣٩٤$$

وحيث يحدث

$$ش = ١١٢٠٨ \times ٢٫٣٠٢٦ \times ٠٫٣٩٤ = ١٠٠١٧$$

كيلو غرام متر إذا كان هذا الشغل حاصل في كل ثانية فبيان به بالحيول المحركة يكون

$$(١ + \frac{1}{٣}) ١٠٠١٧ = ١٣٫٥٦ \text{ حضانة}$$

تنبيه

٢١٨ متى كانت النسبة  $\frac{ض_2}{ض_1}$  صغيرة كما في المثال المتقدم أم يمكن

بمقتضى (بند ٤٠٤) ابدال ٢٫٣٠٢٦ لو  $\frac{ض_2}{ض_1}$  بكمية

$$\frac{1}{٢} \frac{ض_2 - ض_1}{(ض_2 + ض_1)} \text{ او } \left[ \frac{1}{1 + \frac{ض_2}{ض_1}} - ١ \right]$$

فتؤول هذه الكمية في المثال المتقدم الى ٢ (١ -  $\frac{٢}{٢٫٠٩٥}$ ) او

٠٩٠٧ ر . وهو مقدار لا يختلف عن حاصل ٣٠٢٦ ر × ٠٣٩٤ ر .  
الافى الحانة الخامسة من الاعشارى

## الفصل الرابع

فى التغيرات الدفعية لقطع انايب تحرك الغازات

٢١٩ ليفرض كما فى (شكل ٦٥) أن الغاز المار بالقطع أب على صورة خيوط متوازية بسرعة ع مشتركة وضغط ضه متوسط يرد الى اية م ن أب اسطوانية قطعها اعظم من القطع أب وبعد حصول الاهتزاز يتحرك بالابتداء من أب على صورة خيوط متوازية بسرعة ع مشتركة وضغط ضه مشترك

فاذا كان المطلوب تعيين السرعة ع والضغط ضه بفرض أن ع و ضه معلومان مع ب و ب اللذين هما سمتا القطعين ا ب و ا ب يجرى العمل بكيفية مشابهة لكيفية المتقدمة (فى بند ٣١) وما بعده المقر فى شأن المائع

وليكن ضه الضغط الحاصل على العناصر المجاورة للقطع م د سواء كانت جزأ من العرق أب او كانت محيطة به وحينئذ لا يكون لها فى هذه الحالة الاسرعة ضعيفة وتكون كمية التحرك التى اكتسبتها الجملة م ن ب ا فى الزمن ط يجعل ط رمثا الى ثقل المتر المكعب فى الضغط ضه

$$\frac{\rho}{\gamma} \cdot \frac{e}{e} = (e - e')$$

أو تكون بمقتضى معادلة (٤)

$$\frac{e(e - e')}{\gamma} = \frac{e' - e}{\gamma}$$

وتكون مساوية للدفع (ضه - ضه) ومن هنا نتحدث هذه المعادلة وهى

$$\frac{e(e - e')}{\gamma} = \frac{e' - e}{\gamma} \times \frac{e' - e}{\gamma}$$

وبضم هذه المعادلة الى المعادلة (٨) المقررة (فى بند ٢٠١) التى هى



$$\text{ض}^{\circ} - \text{ع}^{\circ} = \text{ض}^{\circ} - \text{ع}^{\circ}$$

يتوصل الى كيفية حل المسئلة المذكورة

وبحذف ض<sup>٠</sup> بواسطة استبدالها بمقدار يحدث

$$\frac{\text{ع}^{\circ} - \text{ع}^{\circ}}{\text{ع}^{\circ}} = \frac{\text{ع}^{\circ} - \text{ع}^{\circ}}{\text{ع}^{\circ}}$$

$$\text{أو } \text{ع}^{\circ} - (\text{ع}^{\circ} + \frac{\text{ك}^{\circ}}{\text{ع}^{\circ}}) = \frac{\text{ك}^{\circ}}{\text{ع}^{\circ}}$$

وهي معادلة بدرجة ثانية للمجهول ع<sup>٠</sup> الذي يستخرج منها

والتي لذلک بمثال فنقول

## مثال

٢٢٠١ اذا كان الغاز هواء وكانت درجة حرارته ١٣° وكان بناء على ذلك

$$\text{ك}^{\circ} = ٧٩٥٥ \times ١,٠٥٢ = ٨٣٦٩$$

وفرض أن ع<sup>٠</sup> = ٨٠° و س<sup>٠</sup> = ٠,٦٥ يحدث

$$\text{ع}^{\circ} - \text{ع}^{\circ} = ١١٠٦ + \text{ع}^{\circ} = ١٢٦٣٠٦$$

ومن هنا ينتج ع<sup>٠</sup> = ١٣٠

وحيث أنه حدث من احدى المعادلات المتقدمة

$$\frac{\text{ض}^{\circ}}{\text{ض}^{\circ}} = \frac{\text{ع}^{\circ}}{\text{ع}^{\circ}} \text{ يستخرج من ذلك في هذا المثال}$$

$$\frac{\text{ض}^{\circ}}{\text{ض}^{\circ}} = \frac{\text{ع}^{\circ}}{\text{ع}^{\circ}} = \frac{٨٠}{٨٤٧٥} = \frac{٨٠}{١٣٠ \times ٠,٦٥} = ٠,٩٤٧$$

٢٢١ وبمقتضى هذا الناتج يمكن أن يطلب الضغط بنسبة الغاز في خوص

يتصرف منه بسرعة ع<sup>٠</sup> وضغط ض<sup>٠</sup> من منفذ س<sup>٠</sup> بدون انضمام

فيلزم لذلك اجراء العمل بمعادلة (٧) بان يجعل فيها ع<sup>٠</sup> =

$$\text{و } \text{د}^{\circ} = ٠ \text{ و } \text{ك}^{\circ} = ٨٣٦٩ \text{ و } \text{ع}^{\circ} = ١٣٠$$

فاذن يتحصل

$$\frac{\text{ض}^{\circ}}{\text{ض}^{\circ}} = \frac{\text{ع}^{\circ}}{\text{ع}^{\circ}} \text{ لو } ١٩٢٧٠ = \frac{\text{ض}^{\circ}}{\text{ض}^{\circ}} \text{ لو } ٢,٣٠٢٦ \times ٨٣٦٩ = ٨٦١$$

ومن

ومن هنا ينتج لو  $\frac{ضنه}{ضنه} = ٠.٤٤٦٨$  و  $\frac{ضنه}{ضنه} = ١.١٠٨$

وبناء على ذلك يكون  $\frac{ضنه}{ضنه} = ١.١٠٨ \times ٠.٩٤٧ = ١.٠٤٩$

فلو حسبت السرعة ع' بفرض أن العرق يتصرف مباشرة بهذه السرعة في ضغط ضنه لكان يحدث

$$\frac{ع''}{ع'} = ٨٣٦٩ \times ٢,٣٠٢٦ \text{ لو } ١,٠٤٩ = ١٩٢٧٠$$

$$\times ٠.٢٠٧٧٥ = ٤٠٠,٣$$

ومن هنا يحدث

$$ع' = ٨٨,٦$$

وحيث أن تكون نسبة السرعة الحقيقية إلى هذه السرعة المحسوبة

$$\frac{٨٠}{٨٨,٦} = ٠,٩٠$$

٢٢٢ ويمكن أن يقتصر في المسائل العملية المعتادة على استعمال القوانين المنسوبة للموائع في الانضغاطات والتغيرات الدفعية للسرعة ولا يستعمل الحل المتقدم إلا في الحالة التي تتغير فيها الانضغاطات كثيرا لأنه لا يمكن فرض الكثافة ثابتة



## في الطلبات ذات التحرك المستقيم المترو

٢٢٣ القطعة المهمة المتحركة من الطلبة هي المكبس الذي له تحرك مترو فتارة يكون سمكه صغيرا ويكون محبوا كالمجلد أو بغيره من المواد المرنة ويتحرك في اسطوانة محكمة تعرف بمجري المكبس وتارة يكون كتلة اسطوانية معدنية منتظمة السمك طولها اكبر من طول مسافة المكبس وسطحها المحذب منازف في علبة محشوة وهذا المكبس المعروف بالغطاس يتحرك في اسطوانة غير محكمة بدون أن يمسها وتعرف ايضا بمجري المكبس

وفي مدة التحرك المتردد للمكبس يكون داخل مجرى المكبس متصلا على التعاقب بواسطة ساقطين مع انبوبتين احدهما غاطسة في بئروهي المعروفة بالانبوبة الماصة والاخرى هي المعروفة بالانبوبة الرفع وقد يكون مجرى المكبس مغورا بماء البئر فيئند تكون الانبوبة الماصة قصيرة بحيث لا يعتبر لها وجود

٢٢٤ ويمكن ان تكون احدى الساقطين مرتبطة بالمكبس الذي يكون به منفذ تفتحه وتغلقه بالتعاقب وتنقسم الطلبات التي لها مكبس ذو ساقطة الى نوعين بحسب كون الساقطة المعروفة بالساقطة القارة مستعملة للاستطراف بين مجرى المكبس والانبوبة الماصة أو انبوبة الرفع

٢٢٥ وفي صورة العكس وهي ما اذا كان المكبس مصمما لتكون الساقطة تسان قارتين ومنسوبتين احدهما للانبوبة الماصة والاخرى لانبوبة الرفع  
٢٢٦ وكان يكفي ترتيب الطلبات بحسب وضع السواقط في ترتيب انواع هذه الآلات لكن جرت العادة بترتيب آخر وبيان ذلك ان الطلبة يقال لها ماصة اذا كان مجرى المكبس كله أو جزء منه مرتفعا عن توازن الماء في البئر وبذلك يكون دخول الماء في مجرى المكبس حاصلا من تأثير ضغط الجو ويقال للطلبة رافعة متى كان الماء المرفوع والمكبس الموجود بالمجرى صاعدين في زمن واحد

ويقال للطلبية كاسبة متى صعد الماء في انبوبة الرفع عند نزول المكبس في مجراه

٢٢٧ ويلزم ايضا اعتبار ساق المكبس في ترتيب الطلبات أولا من جهة وضعه بالنسبة للمكبس فانه يكون تارة فوقه وتارة تحته وثانيا من جهة خروجه من مجرى المكبس فانه يكون خارجا تارة من منفذ متسع وتارة من علبة محشوة

٢٢٨ والطلبات التي تقدم ذكرها هي الطلبات البسيطة التأثير لانها لا ترفع الماء في انبوبة الرفع الامدة صعود المكبس او مدة هبوطه

ويقال للطلبات مضغمة التأثير متى كان المكبس يرفع الماء في انبوبة الرفع في مدة صعوده وفي مدة هبوطه ويكفي لذلك مكبس مصمت واربع سواقط قارة

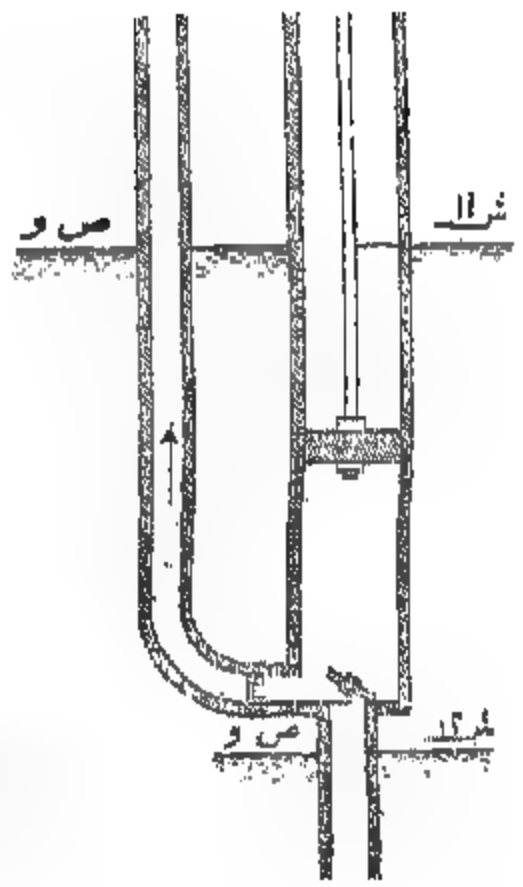
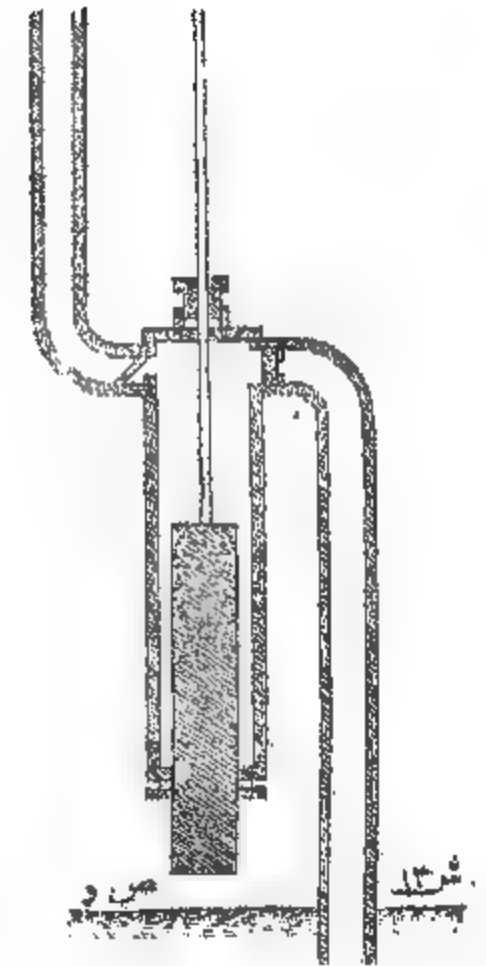
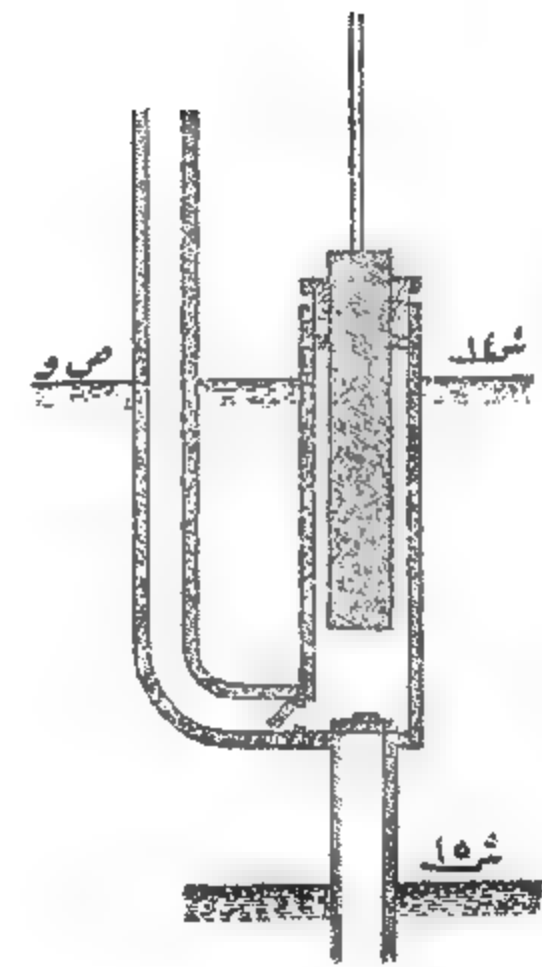
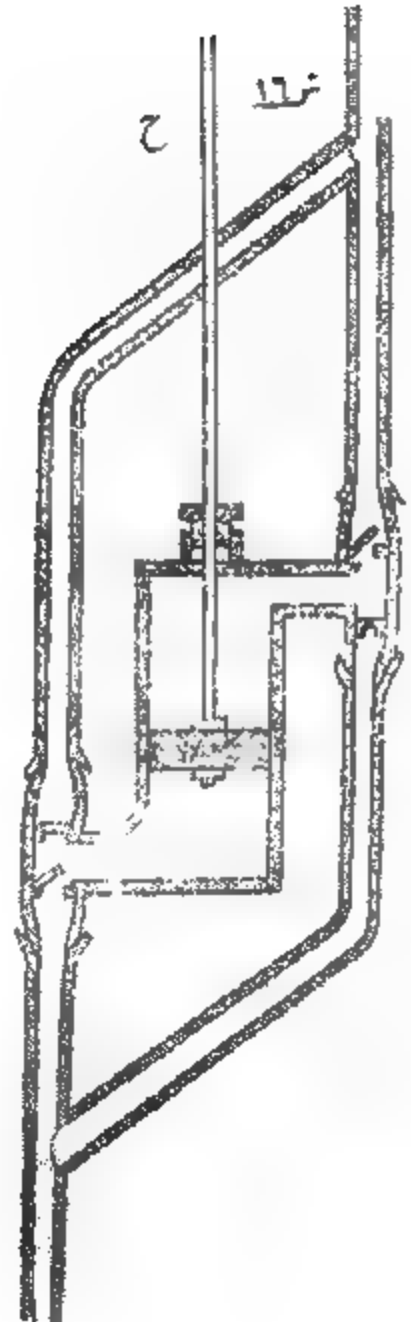
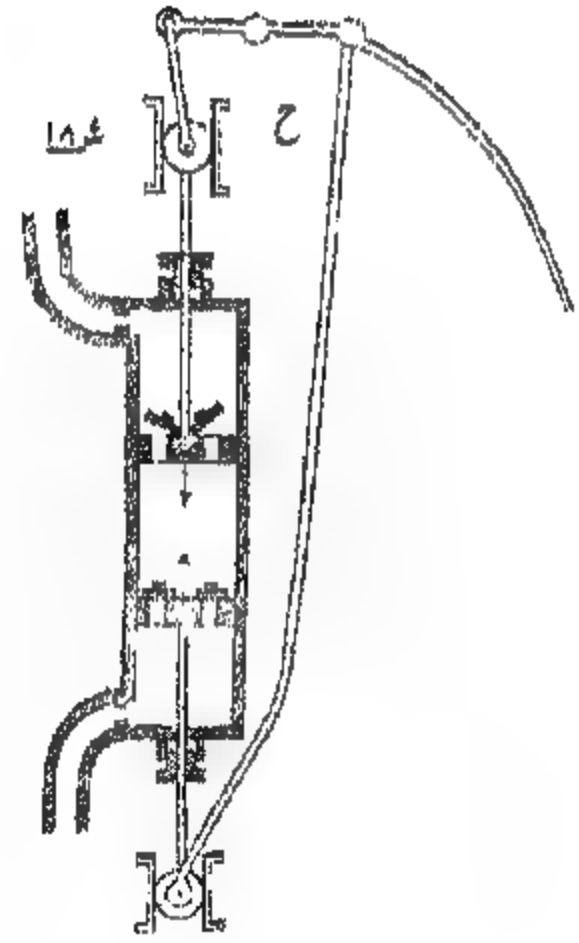
ومن ذلك يحصل دوام تحرك المائع المرفوع ويمكن الوصول الى هذا الناتج باستعمال مجرى مكبس واحد ومكبسين يكون احدهما باطا عند ما يكون الاخر صاعدا

وقد تحصل مع المهندس اسماعيل تون تحرك منتظم للماء المرفوع في طلبية ماصة رافعة وذلك انه جعل لساق المكبس المغمر في الانبوبة الماصة قطعامساويا لنصف قطع مجرى المكبس

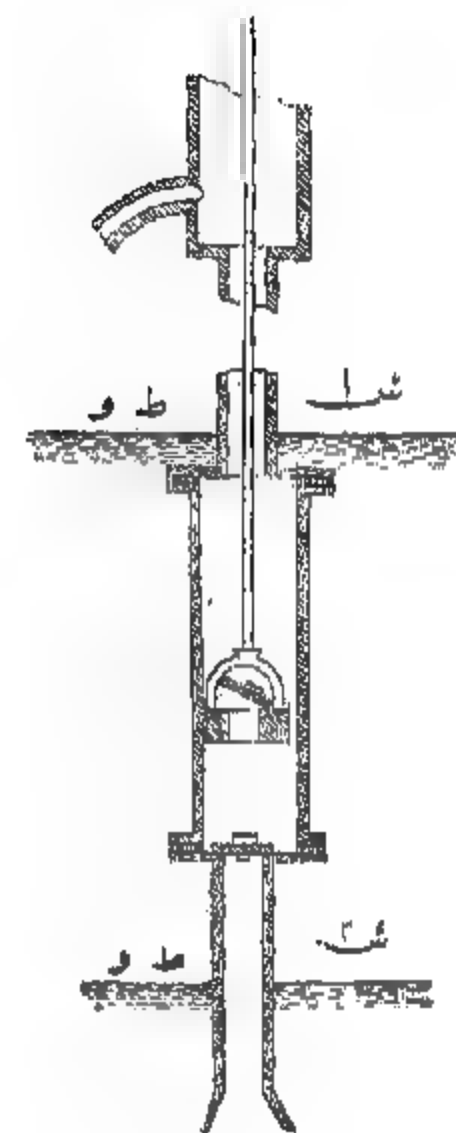
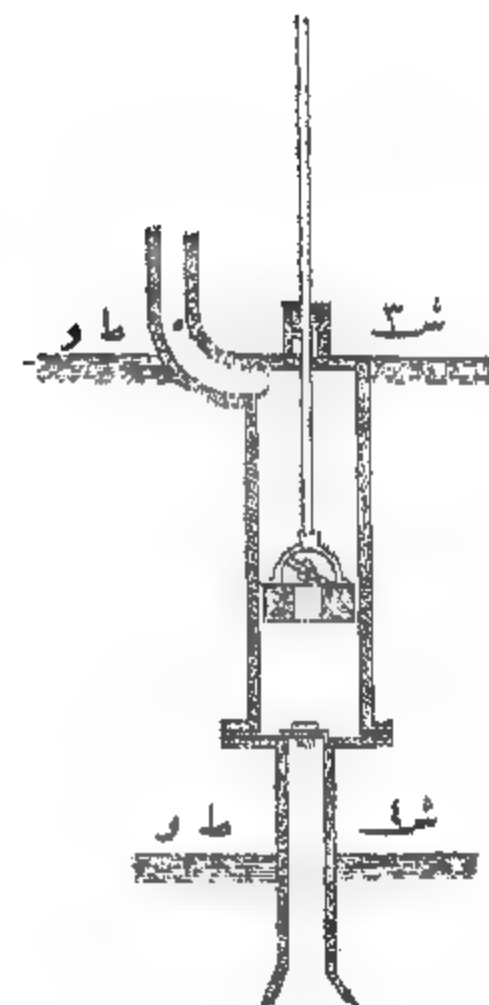
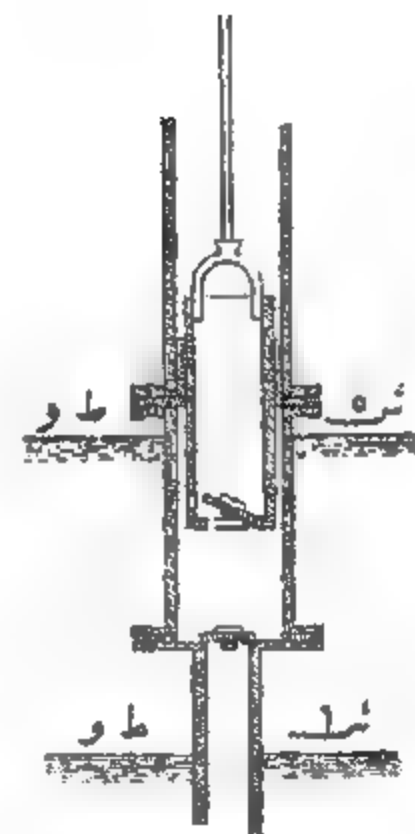
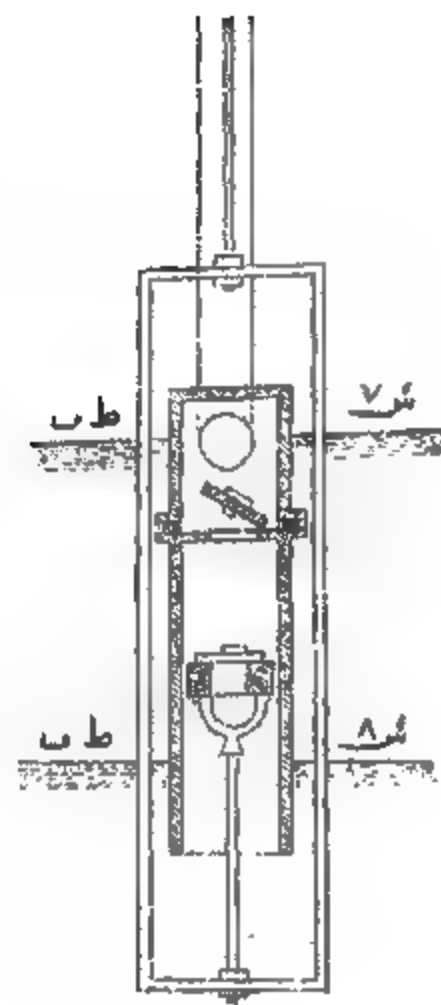
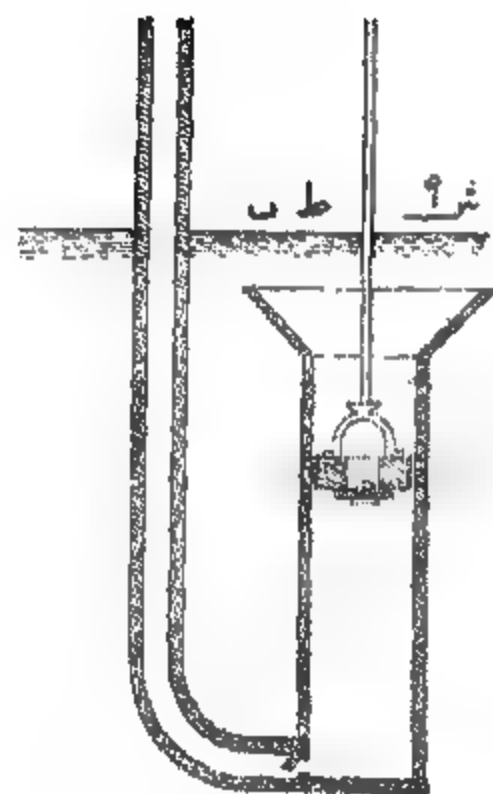
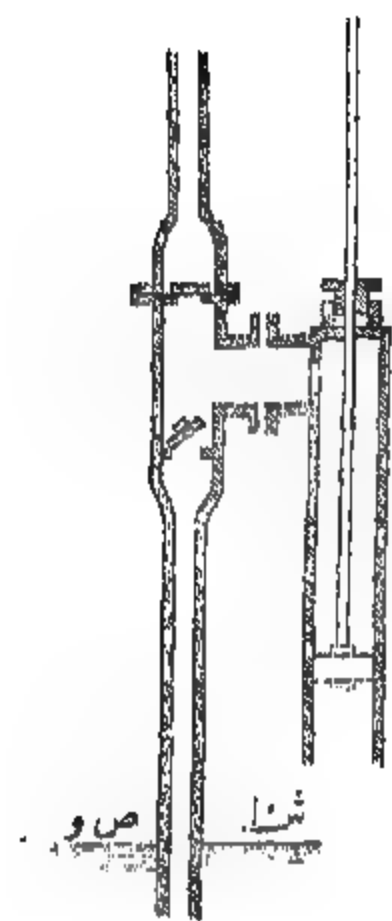
٢٢٩ وهذه القواعد العمومية كافية في ايضاح الخواص المتنوعة بمجملها لطلبات مبينة في اللوحين الاخيرتين من الاشكال ومعروفة في الجدول الآتي وهو يتضمن ترتيب الطلبات ذات التحرك المستقيم المتردد وهالك صورته





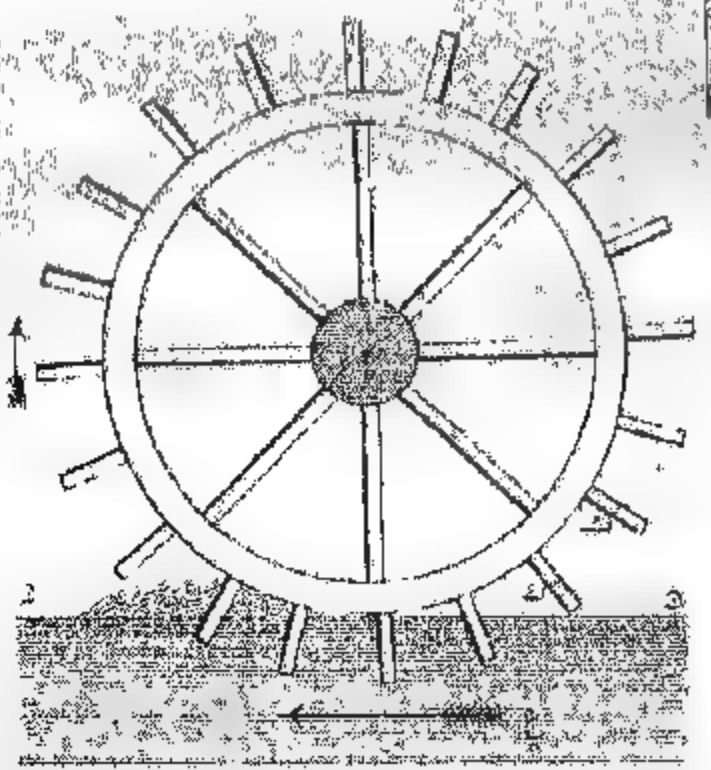
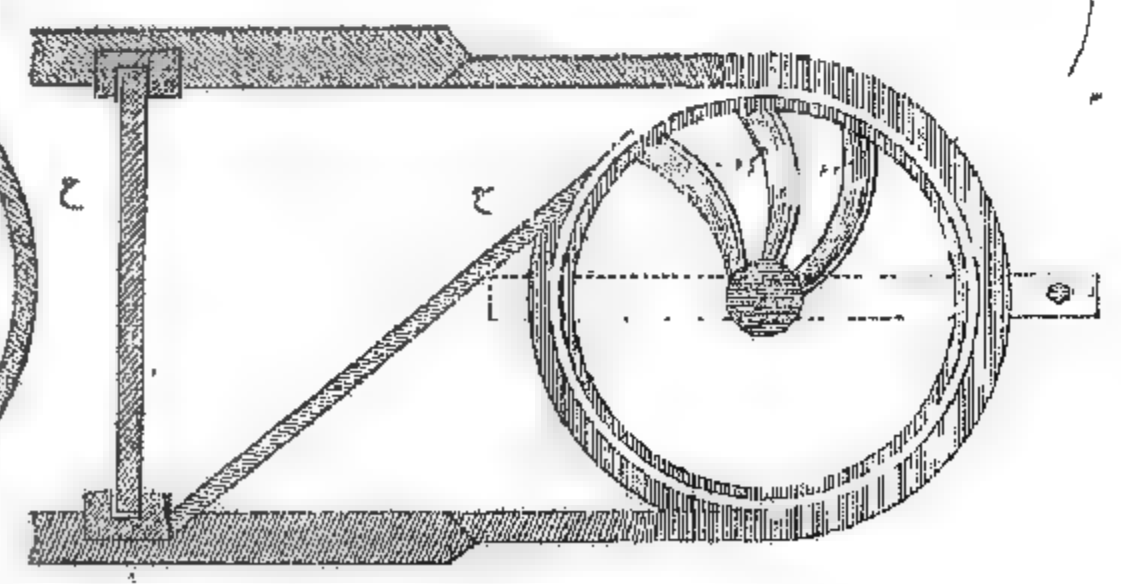
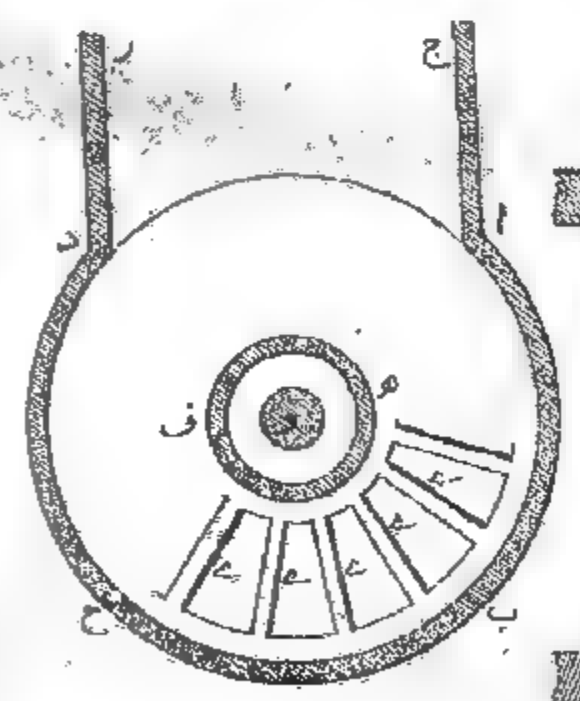
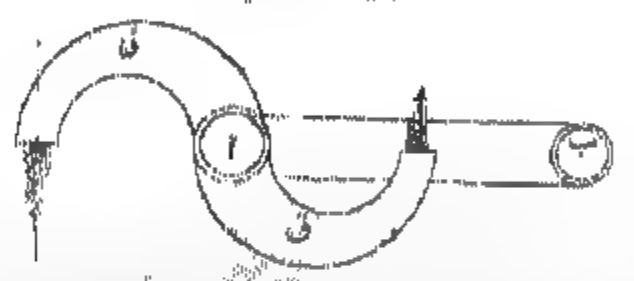
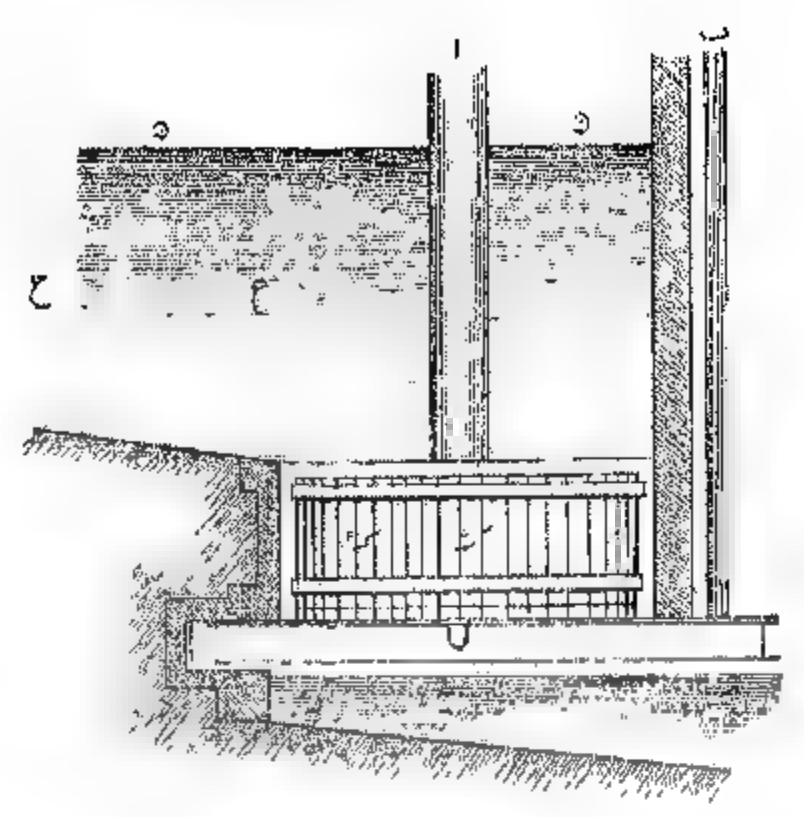
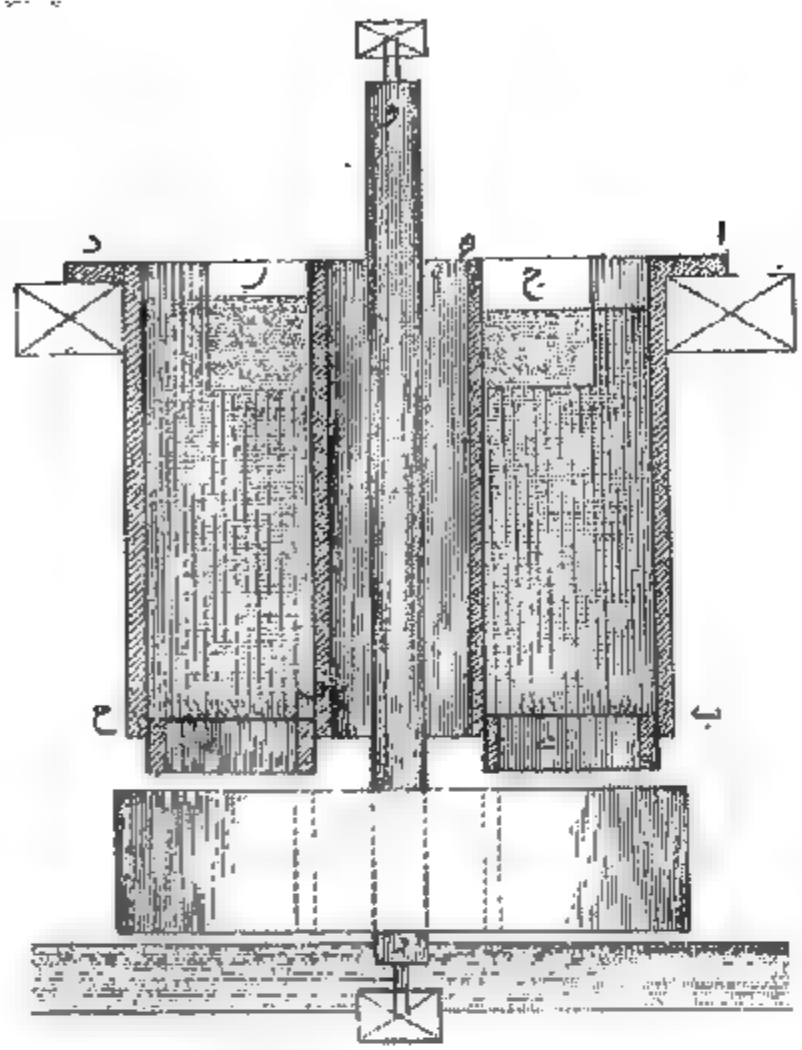
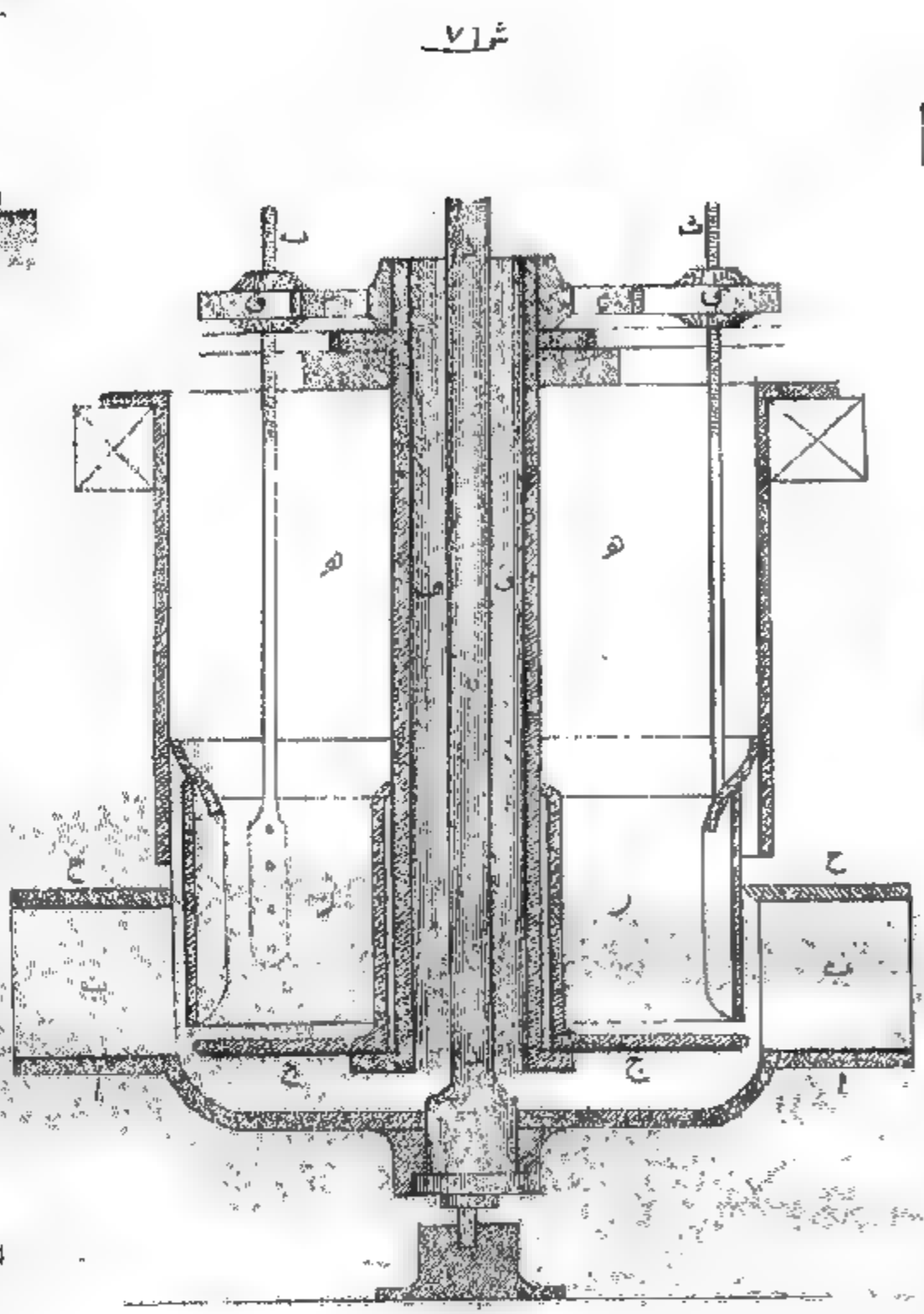
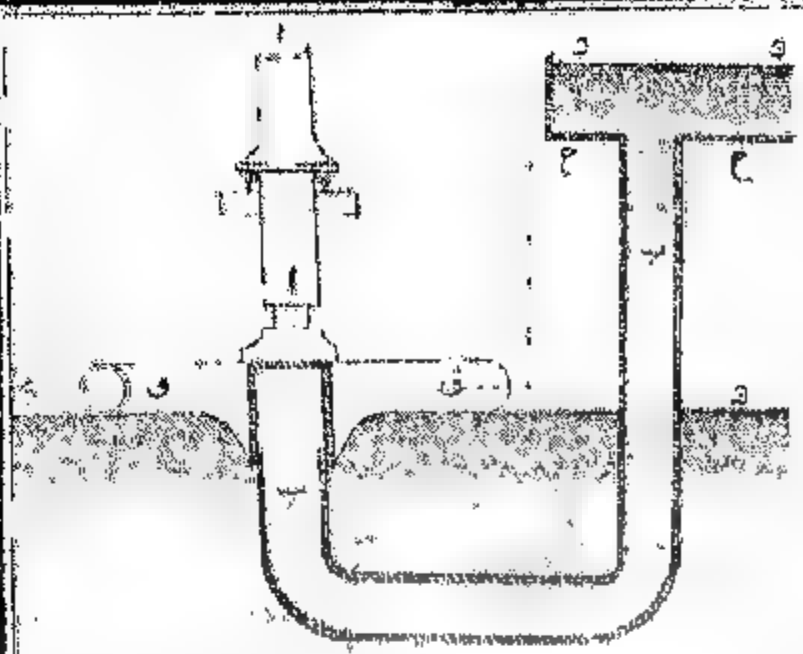




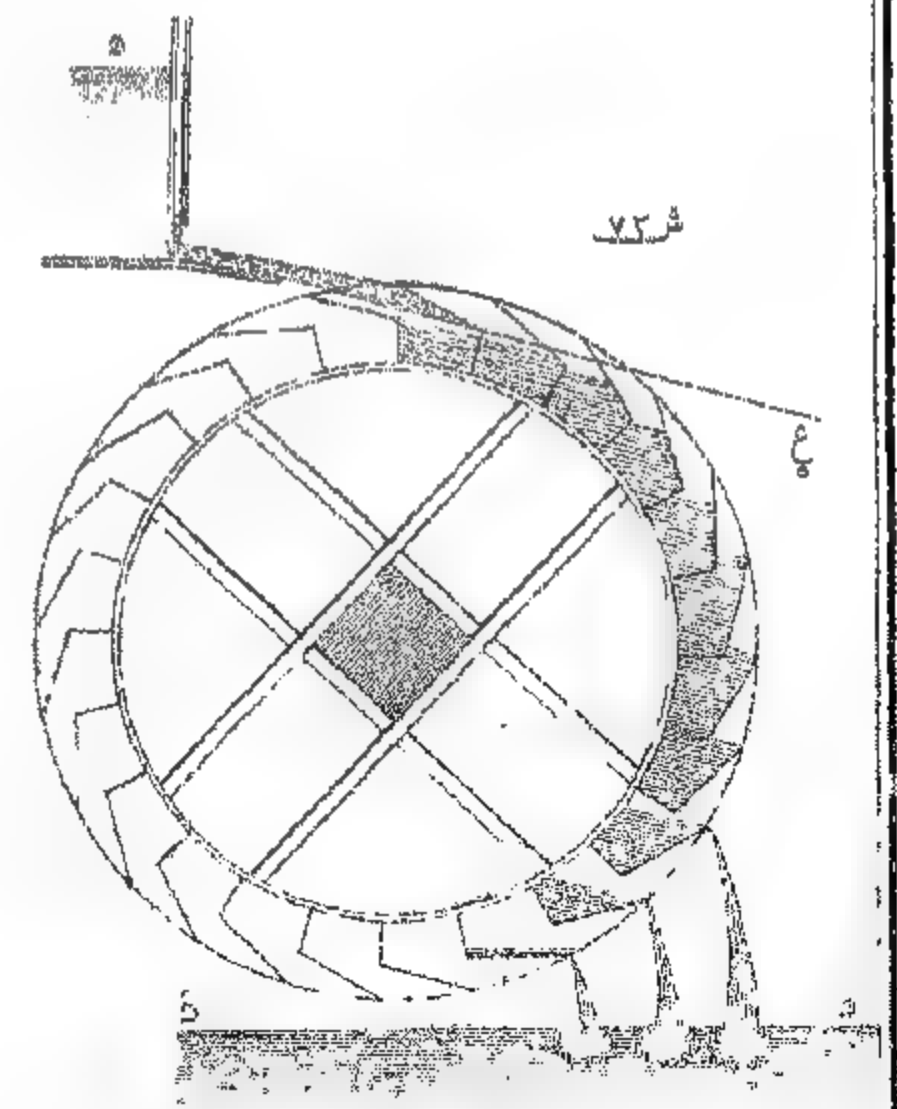
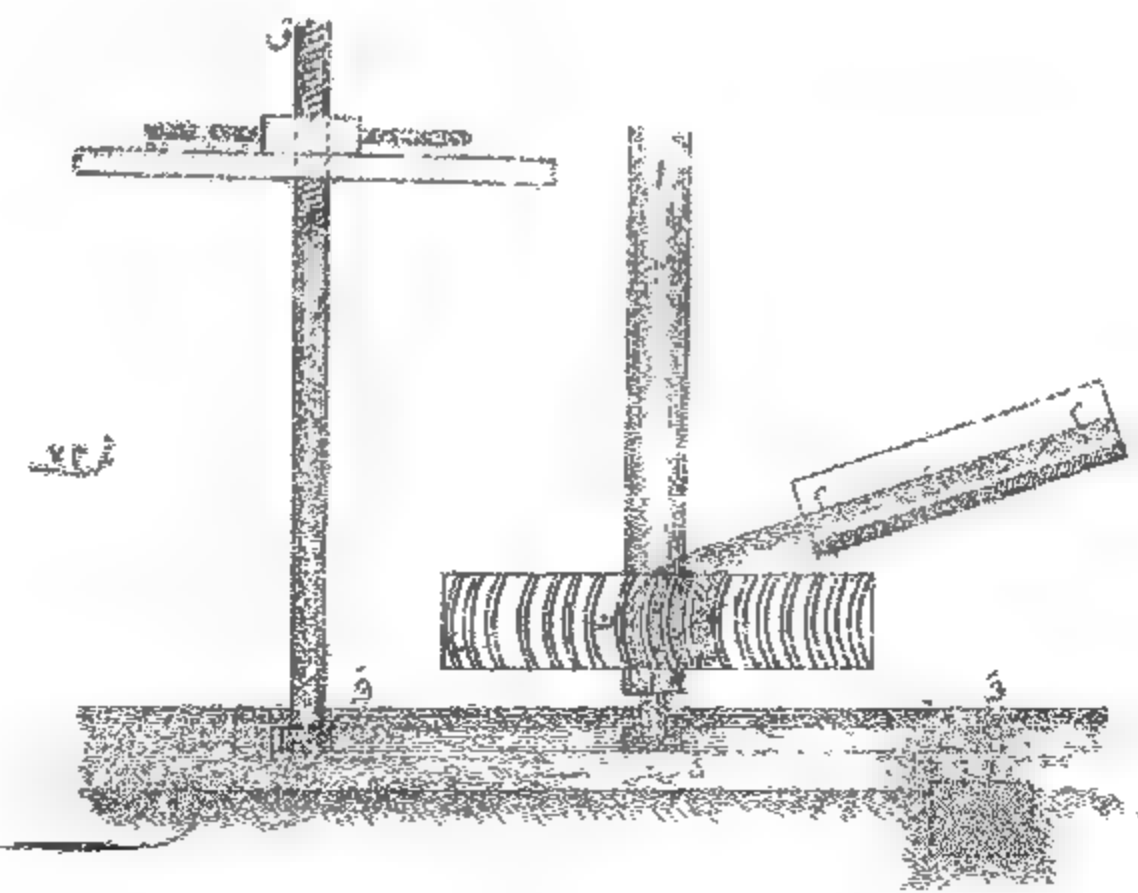
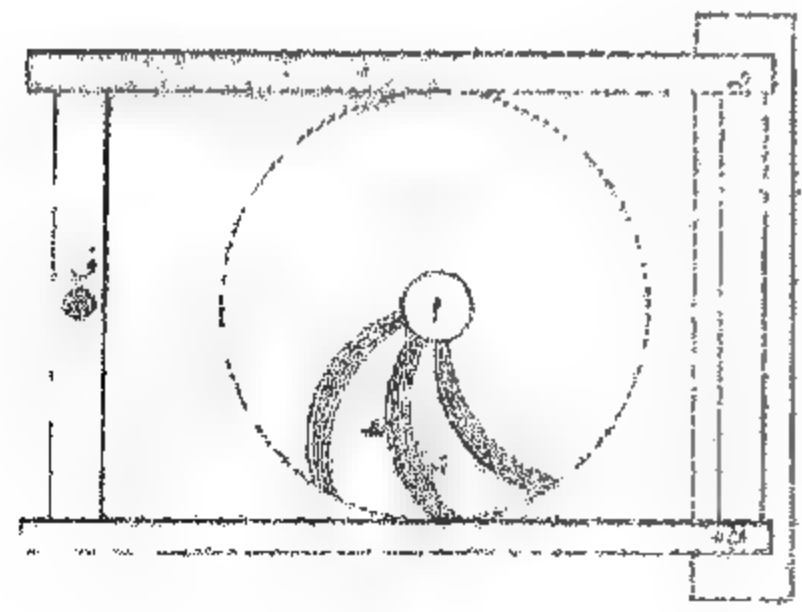
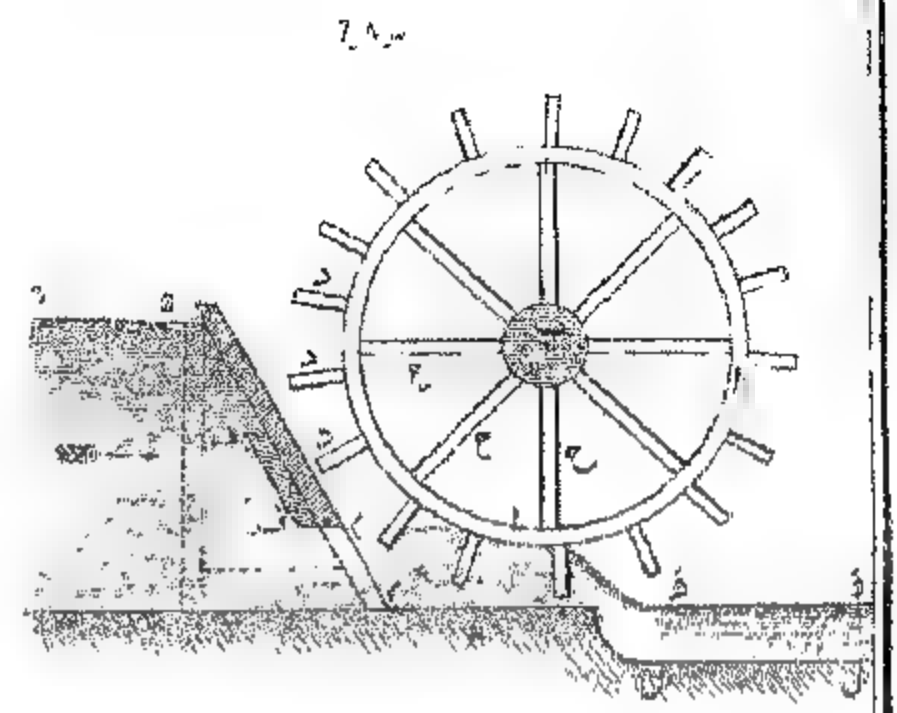
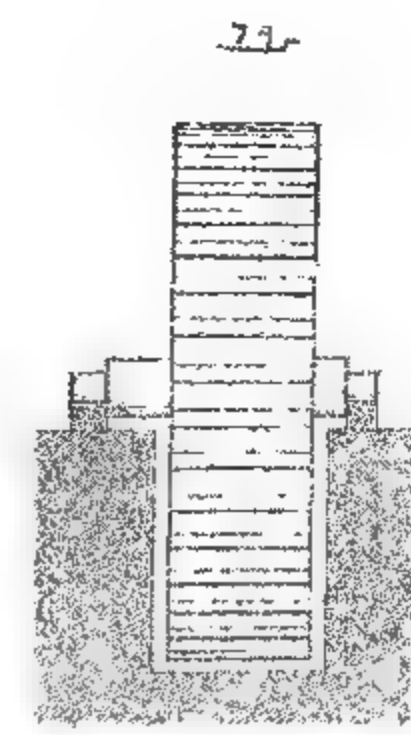
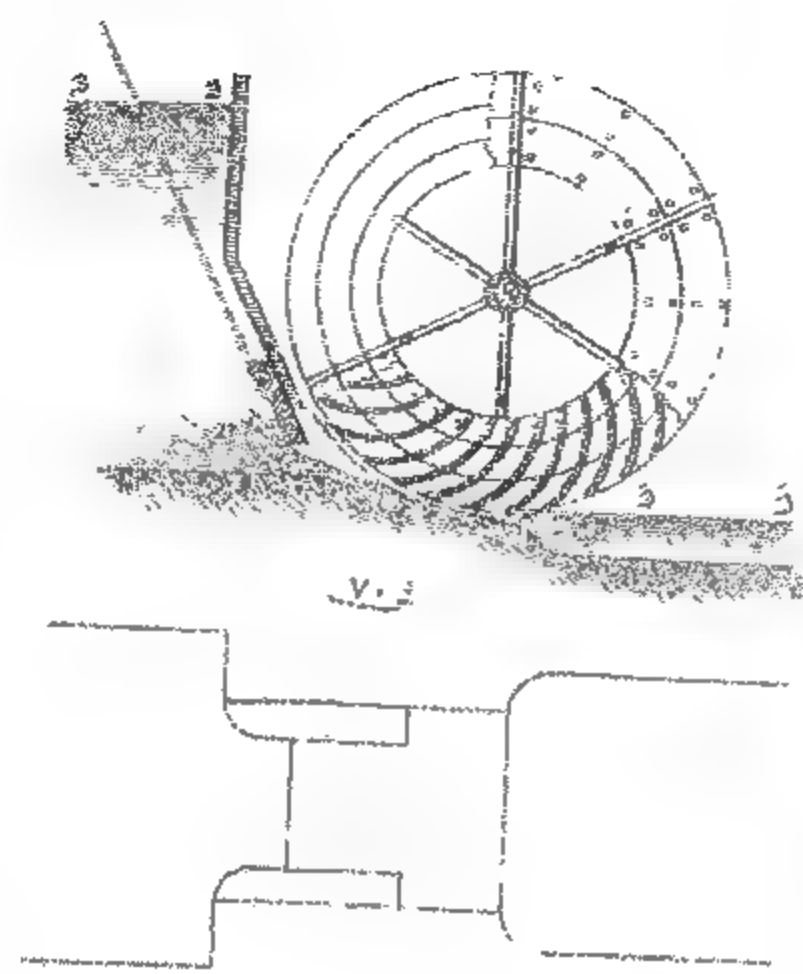
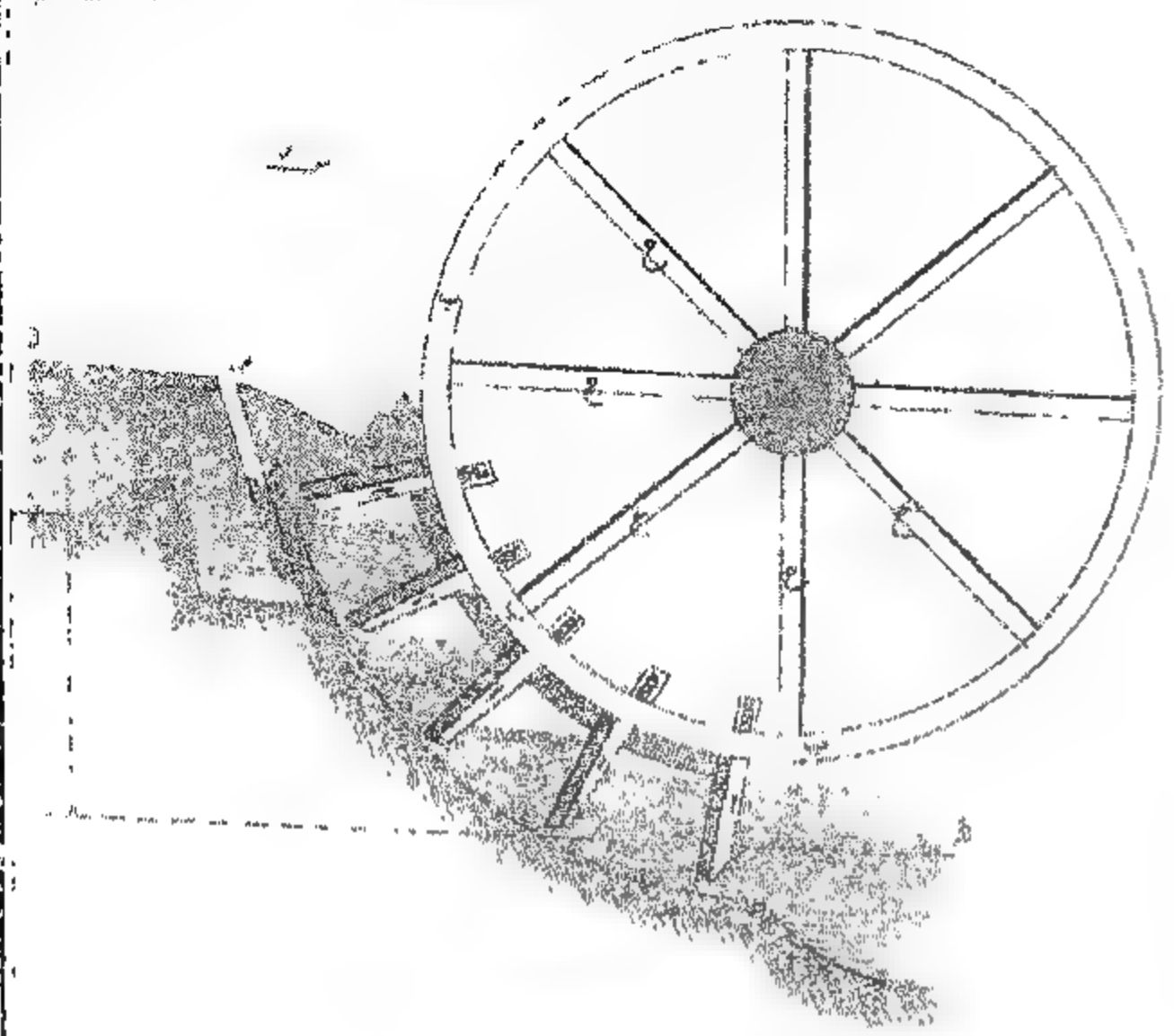




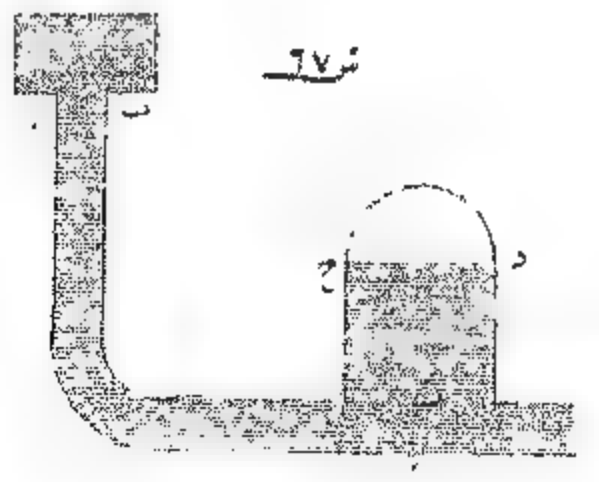
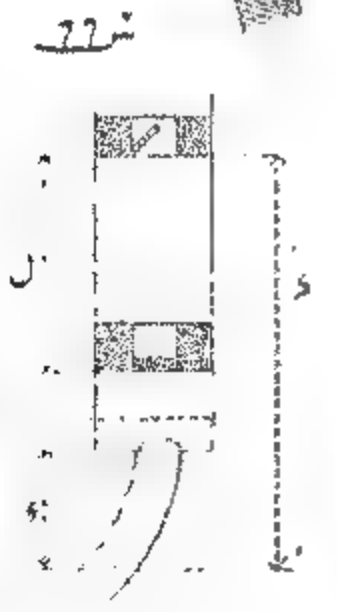
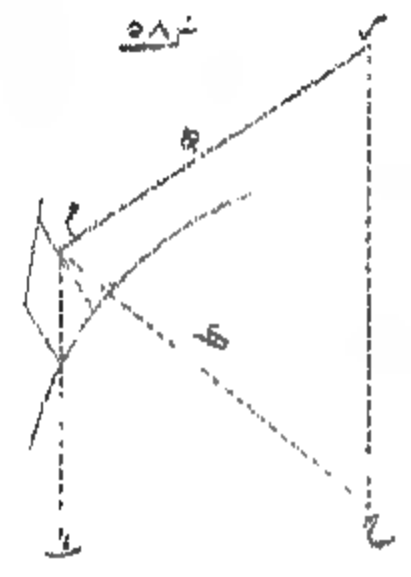
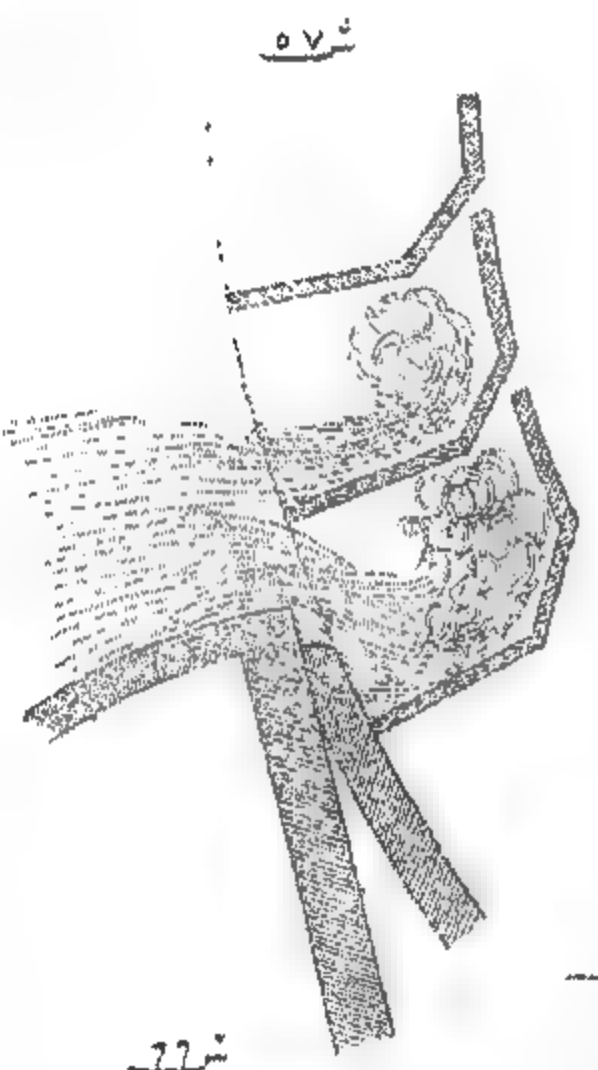
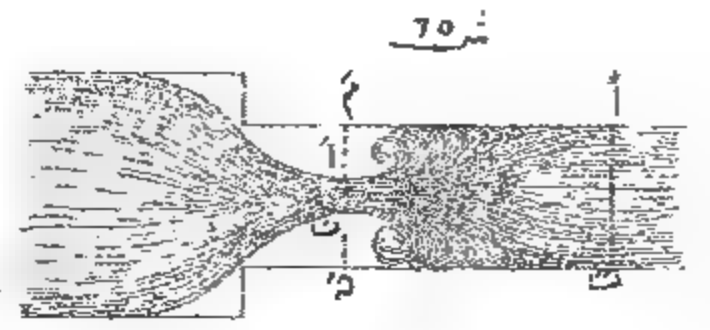
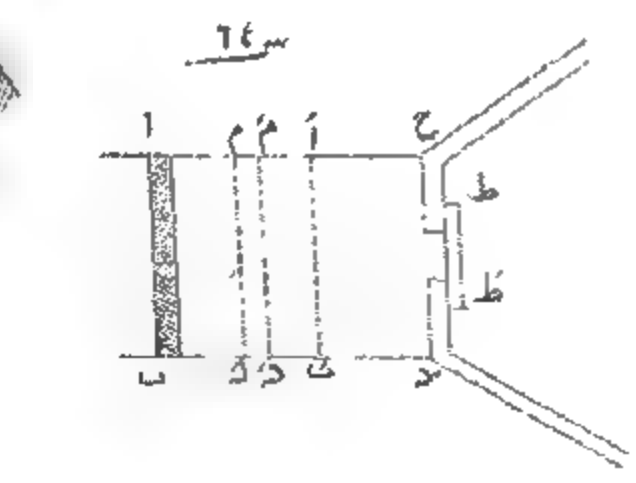
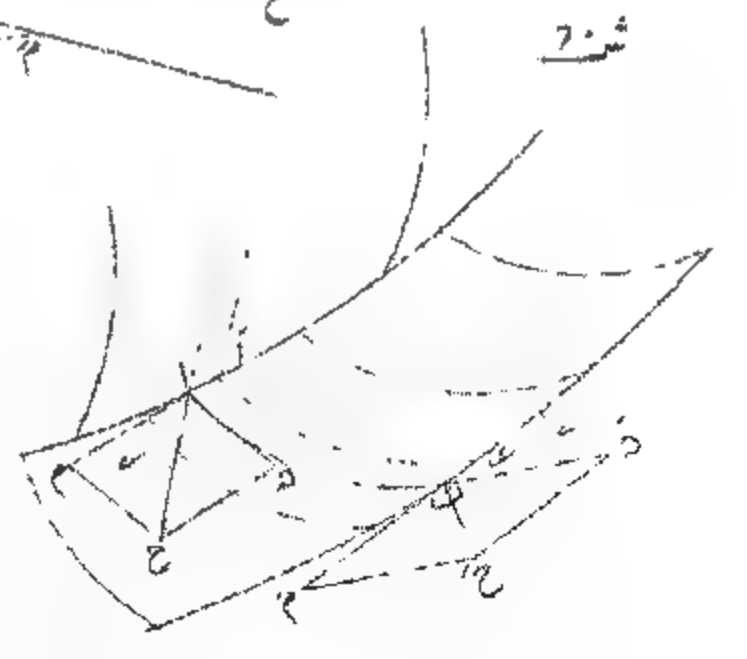
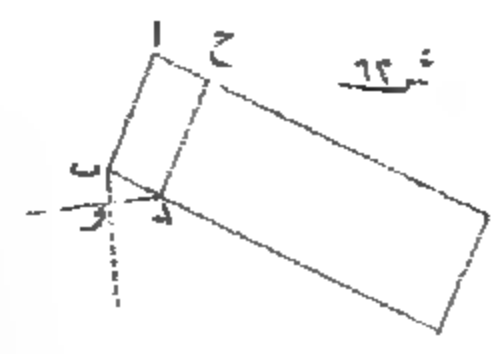
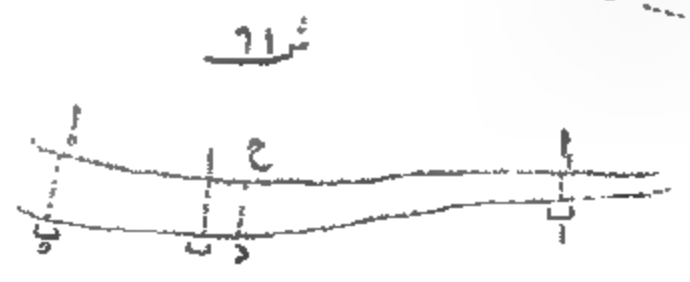
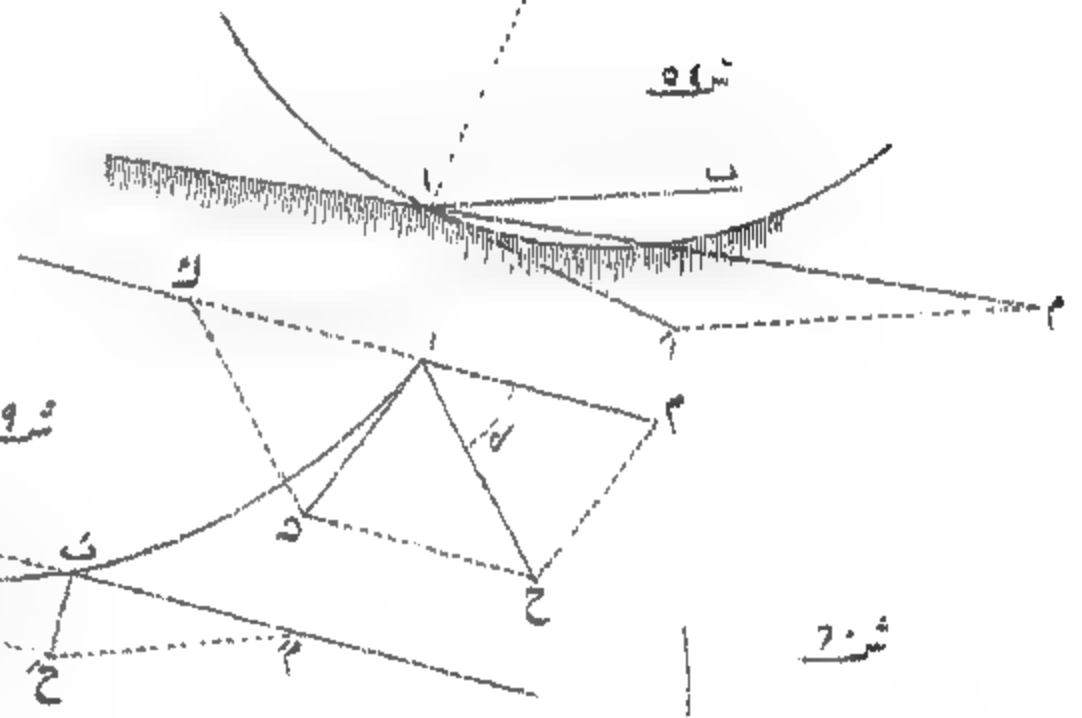
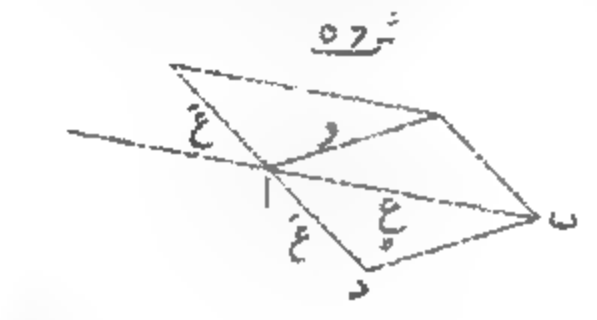
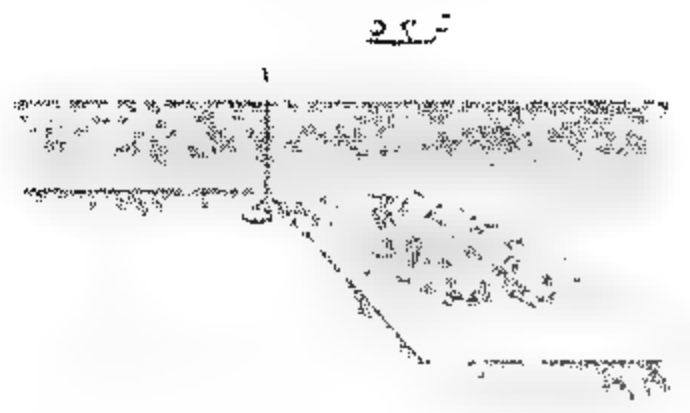
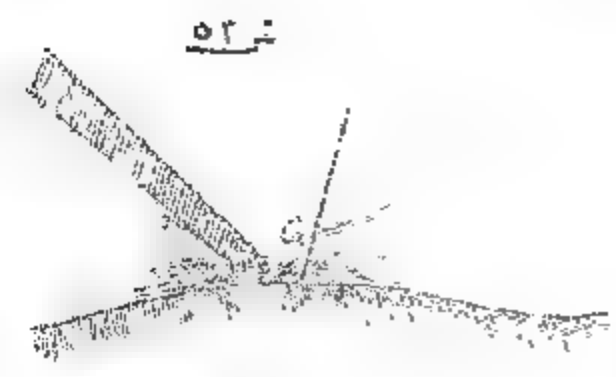
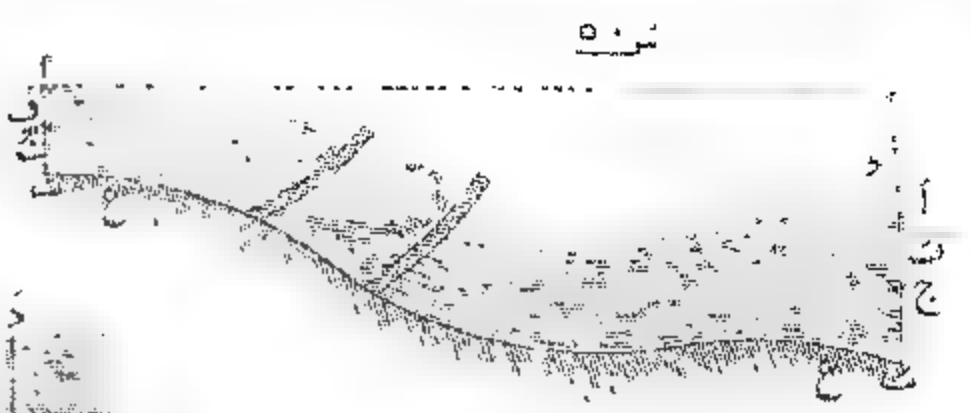
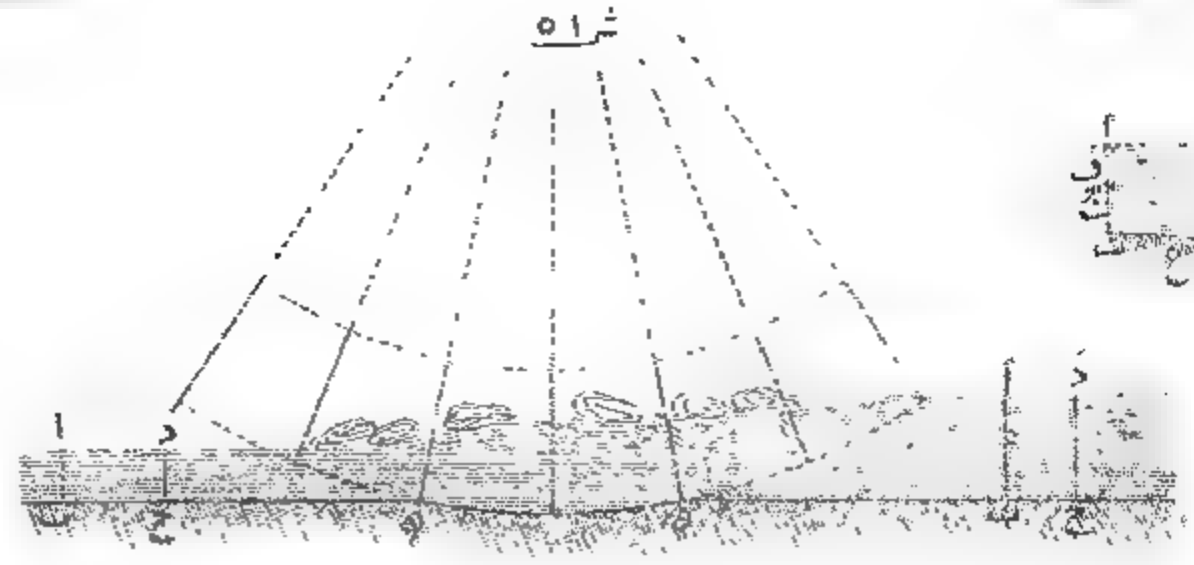






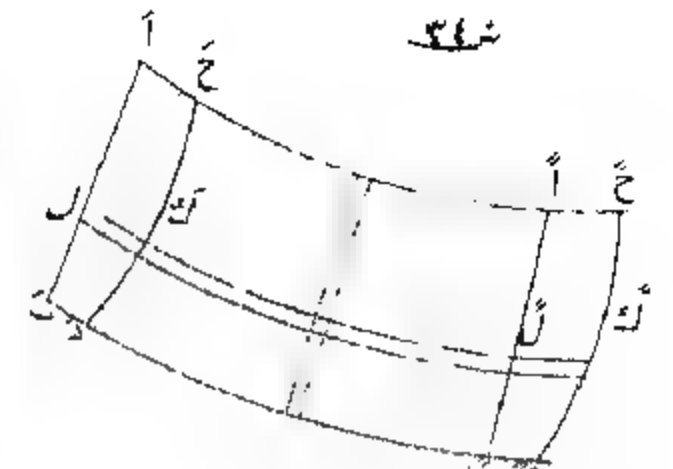
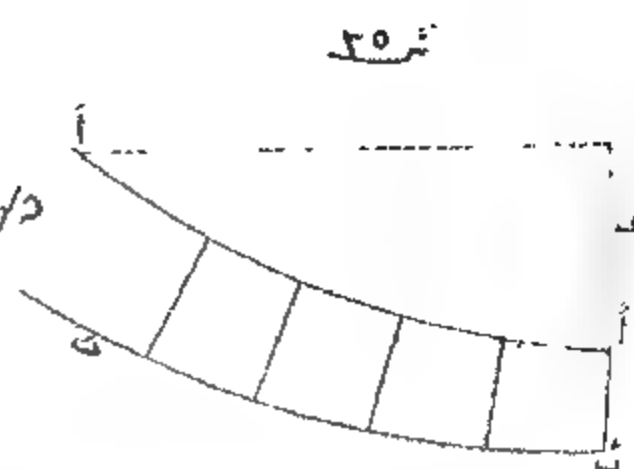
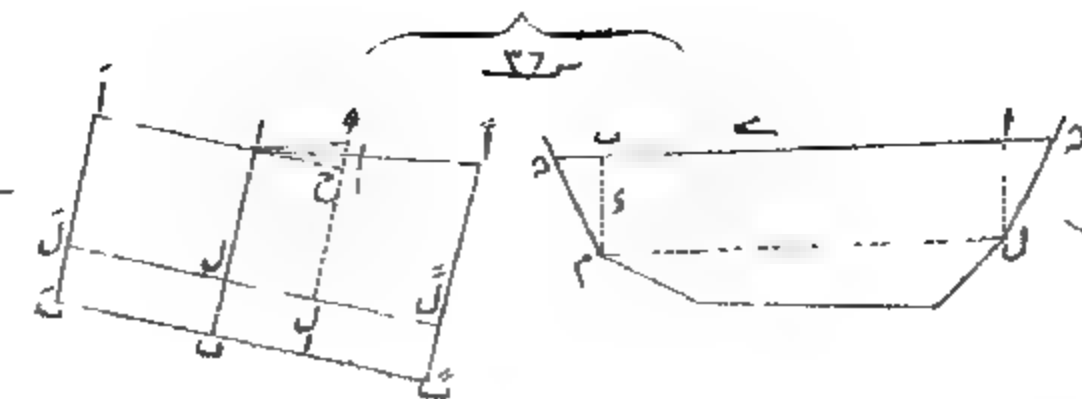
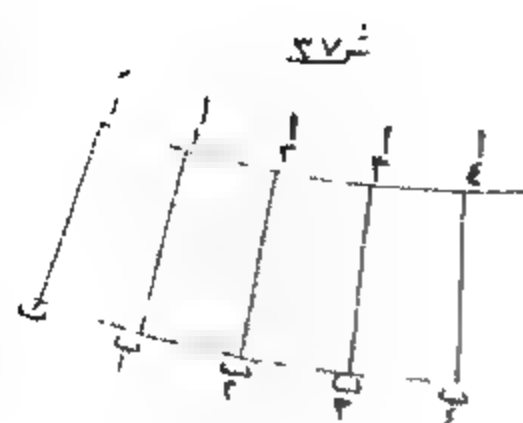
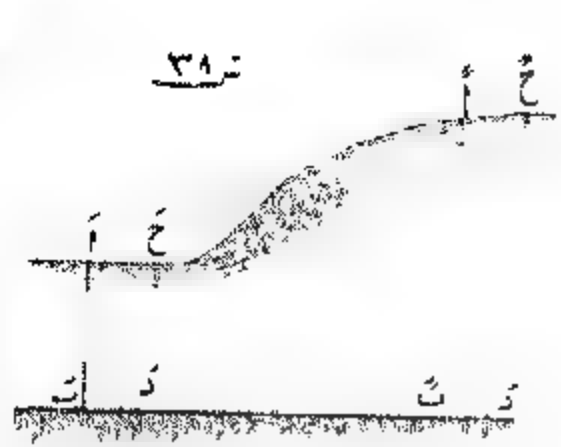




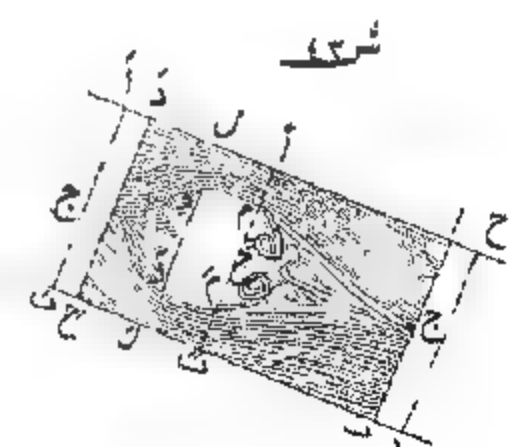
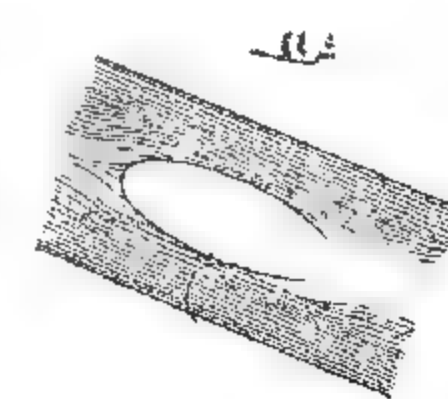
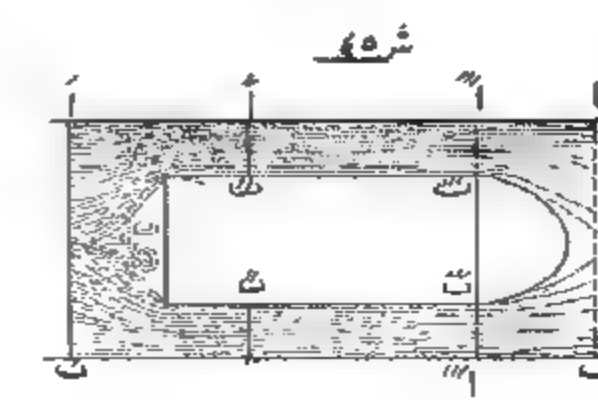
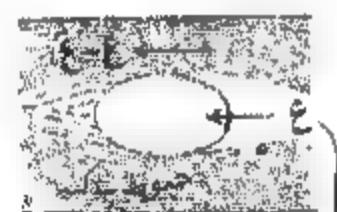
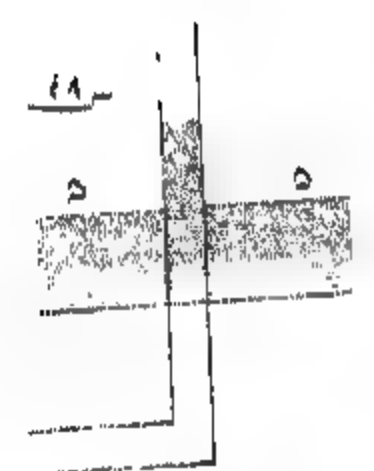
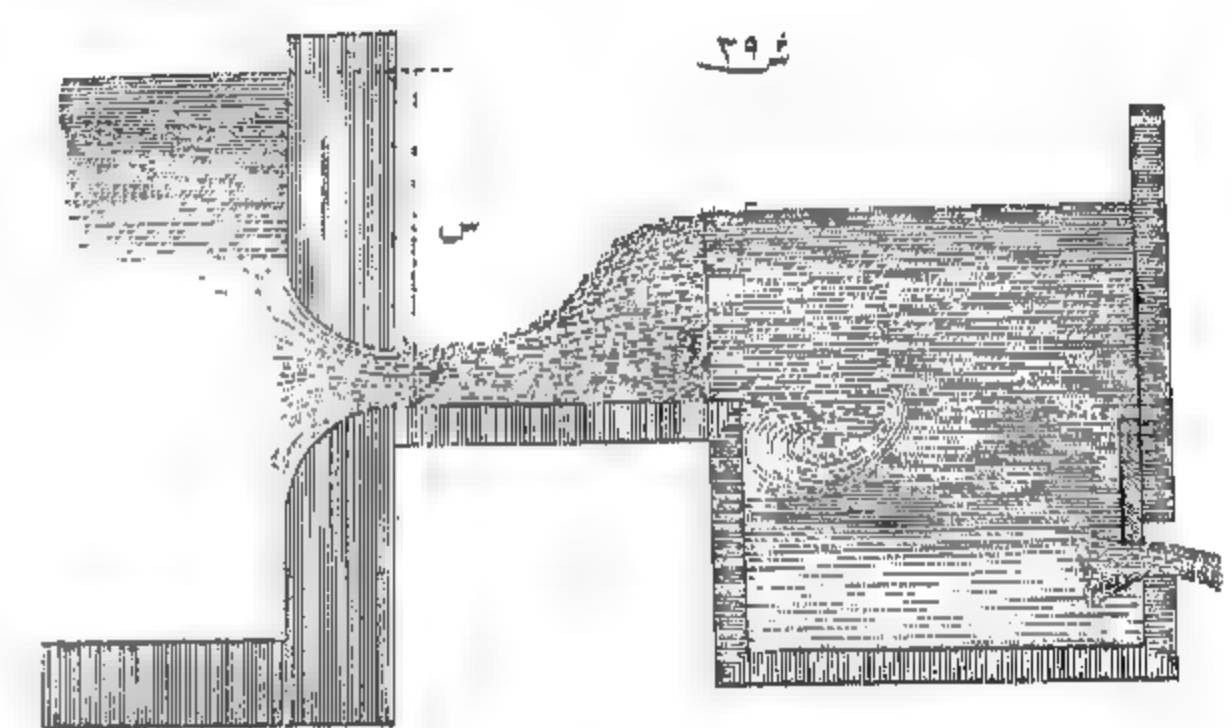
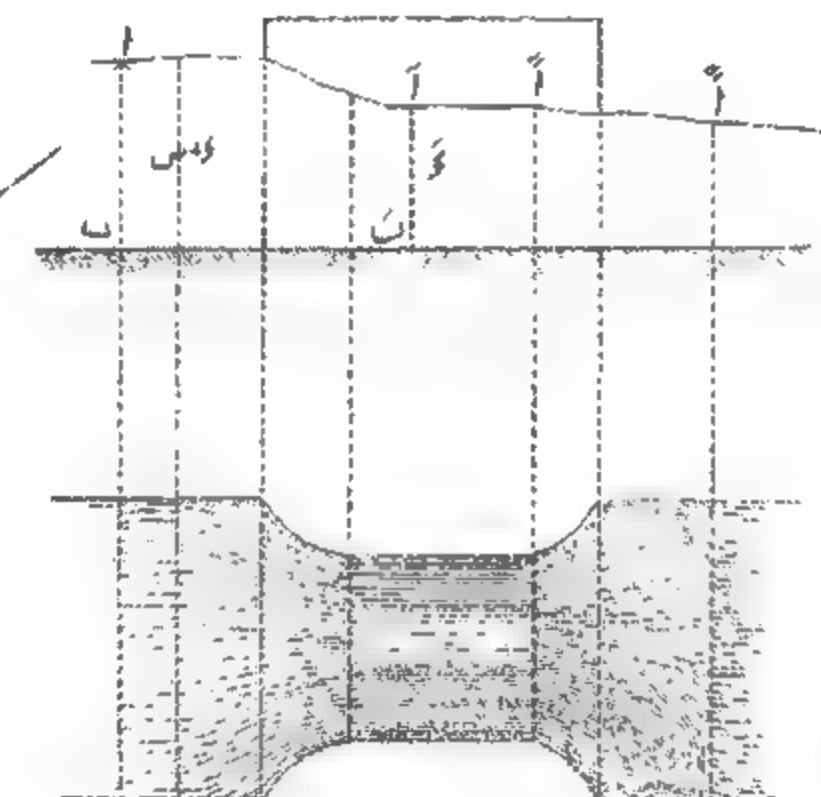
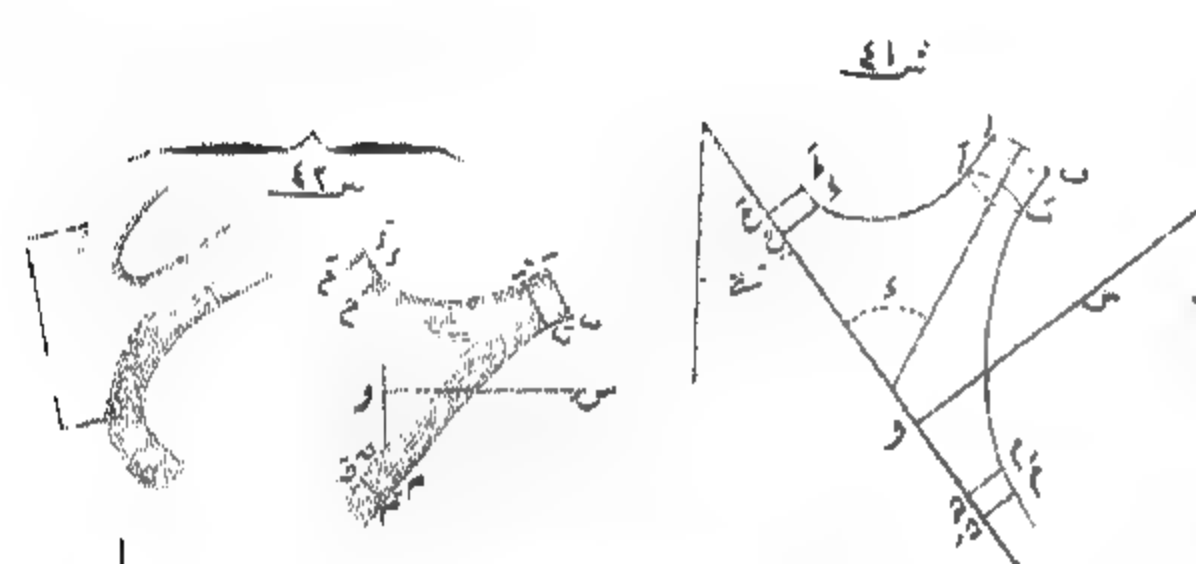




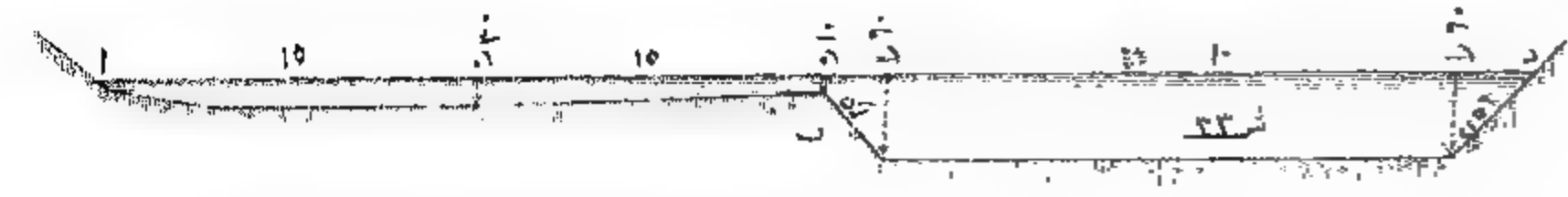
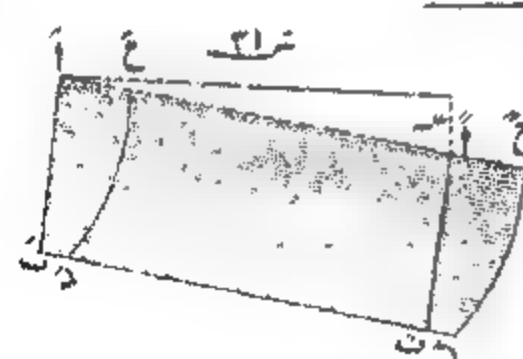
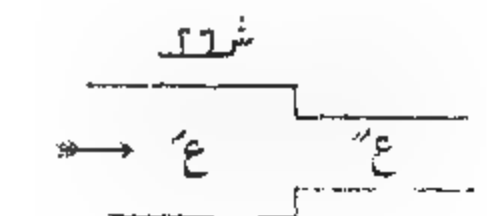
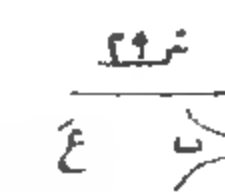
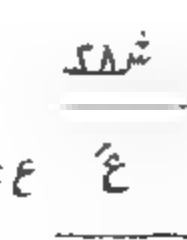
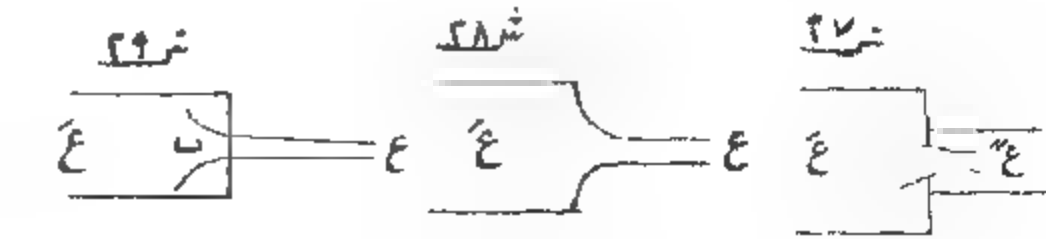
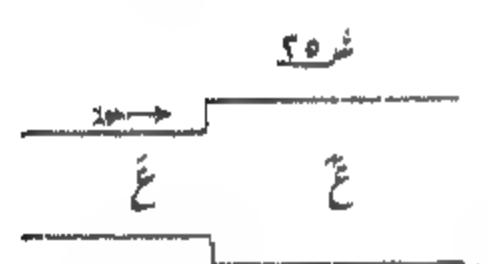
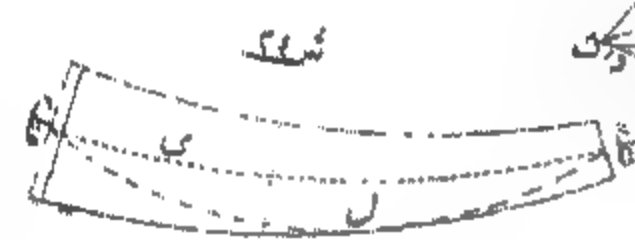
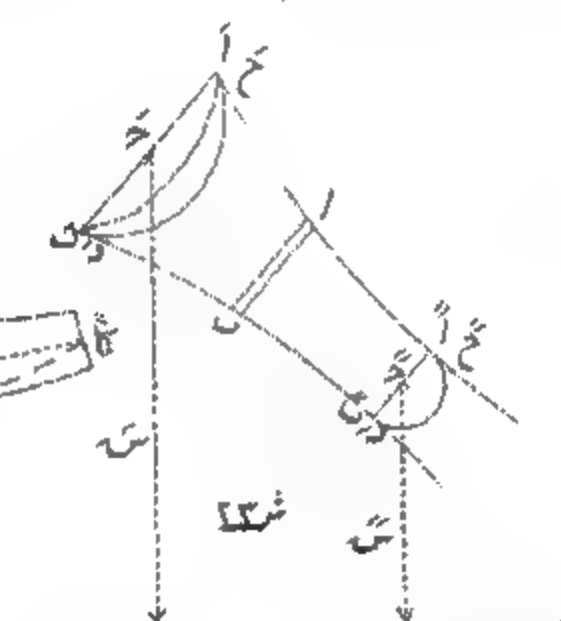
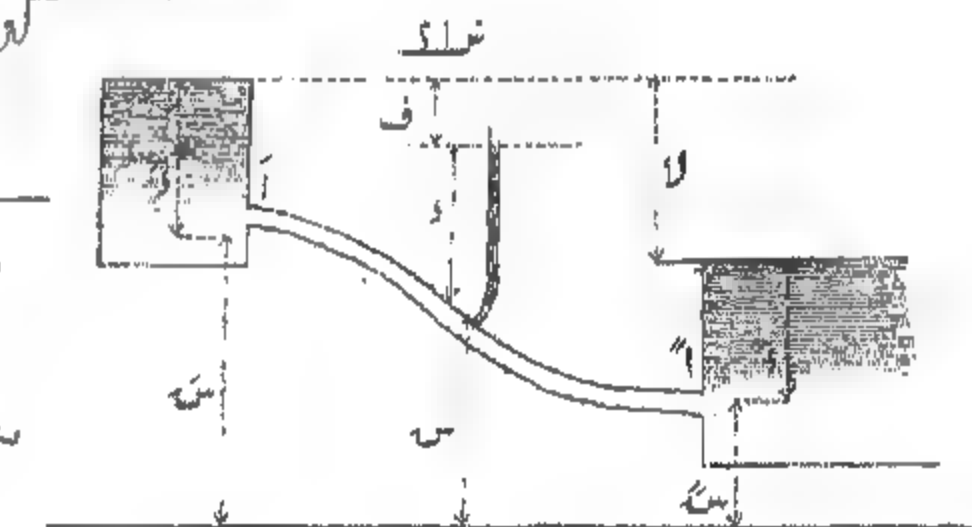
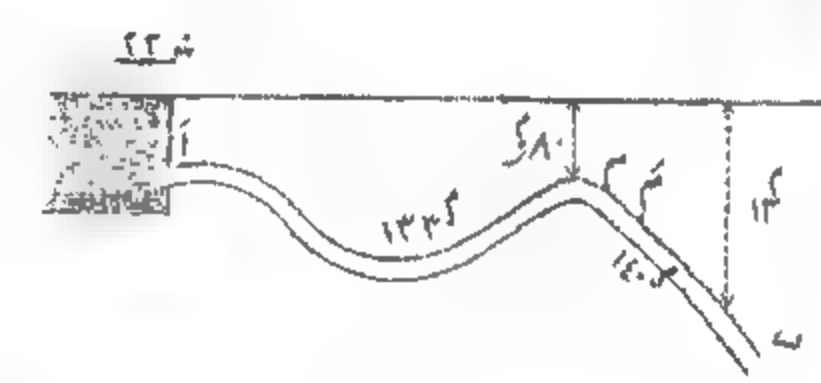
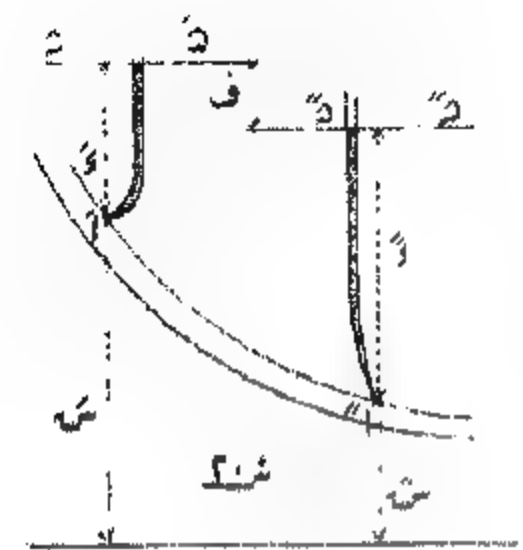
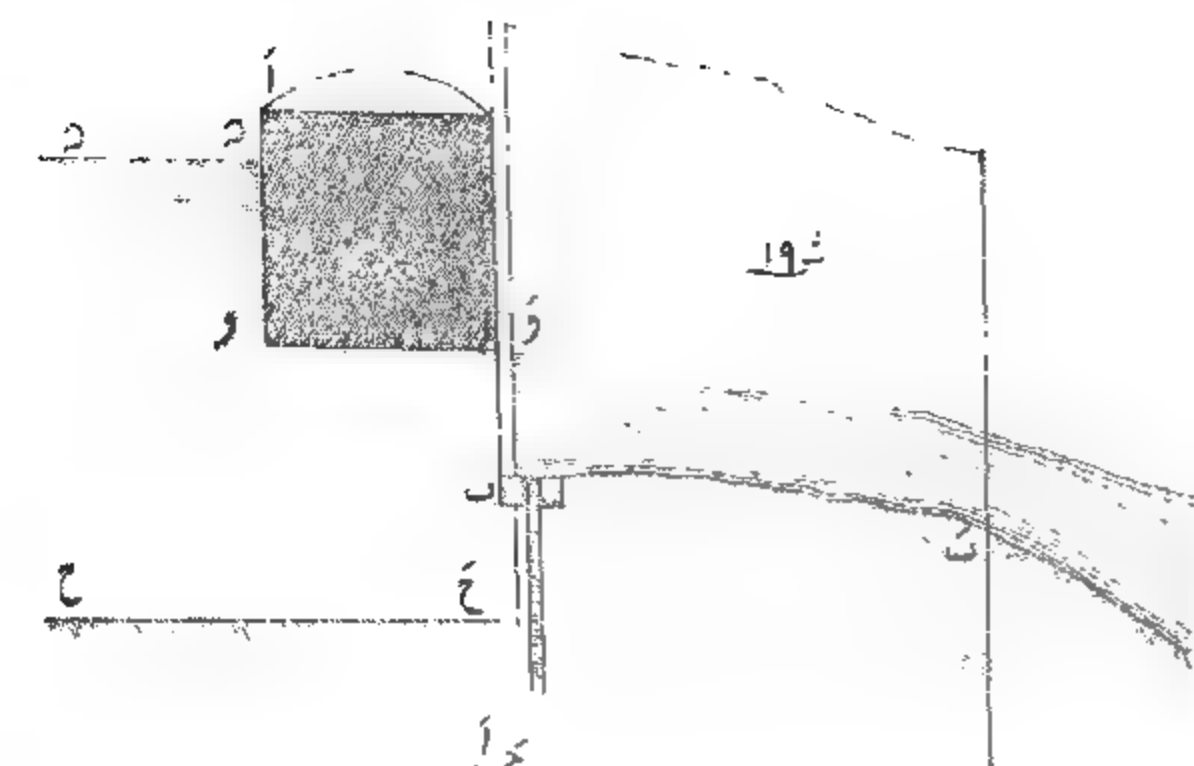
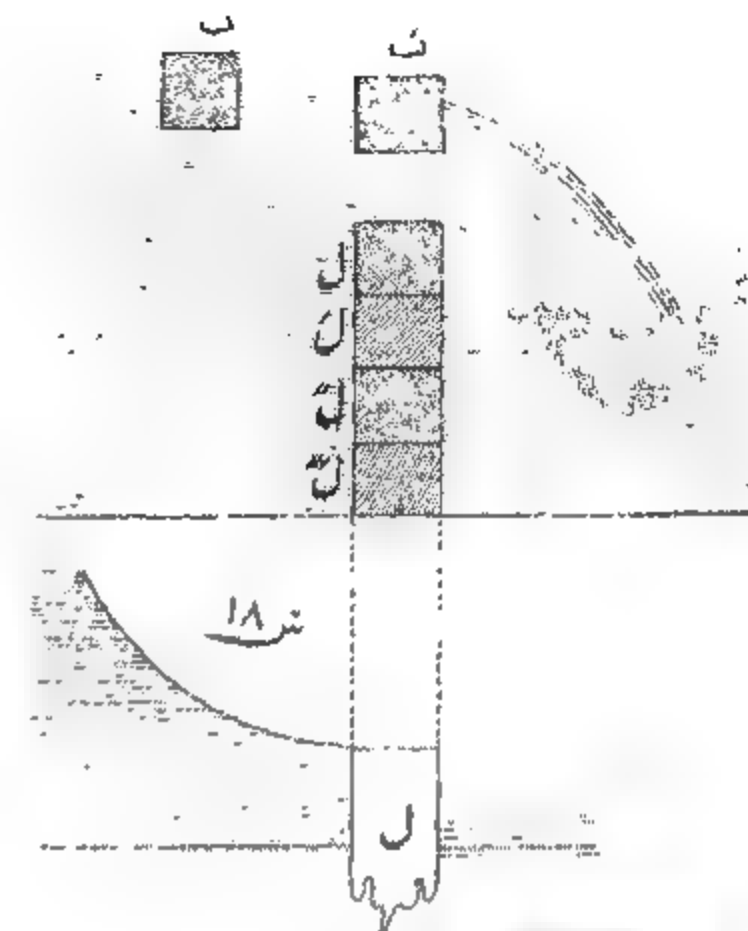




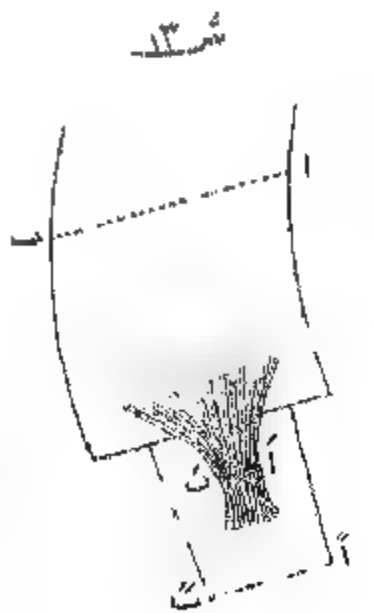
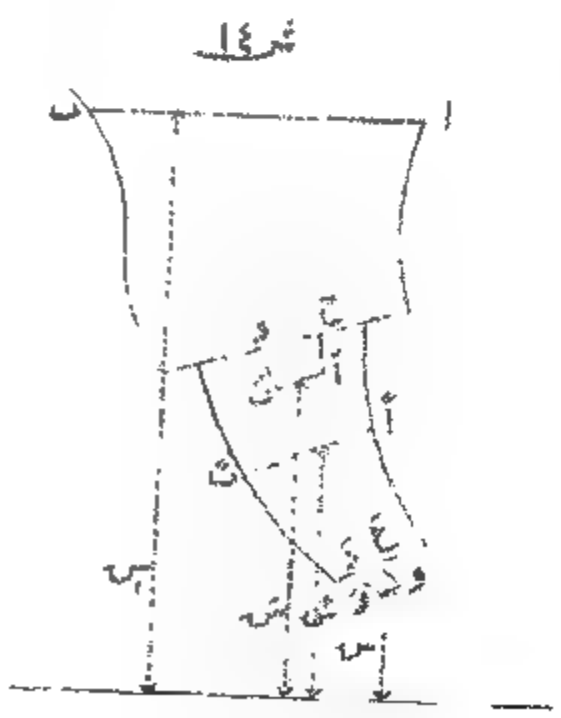
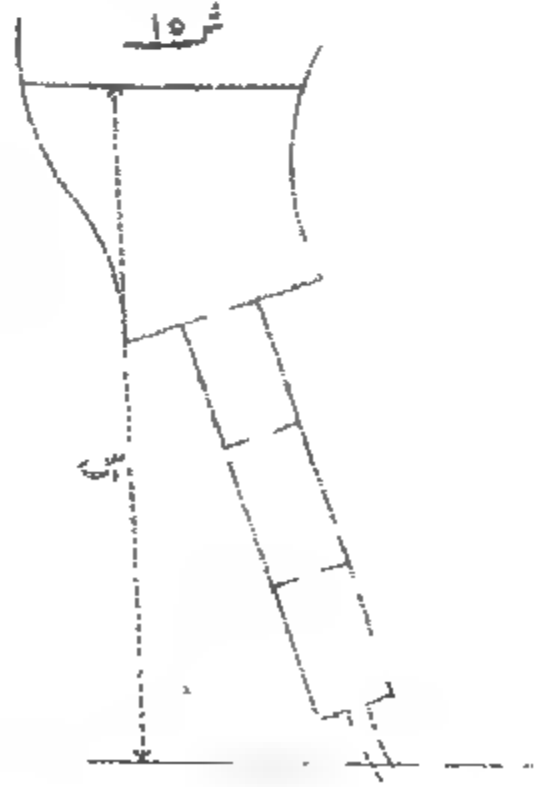
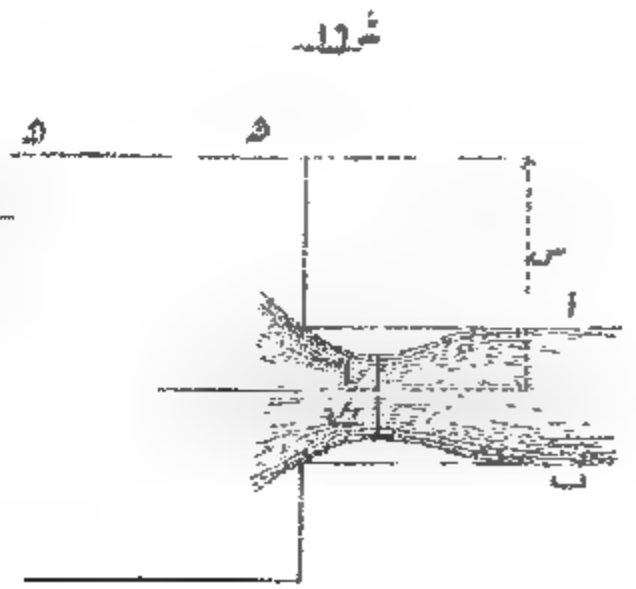
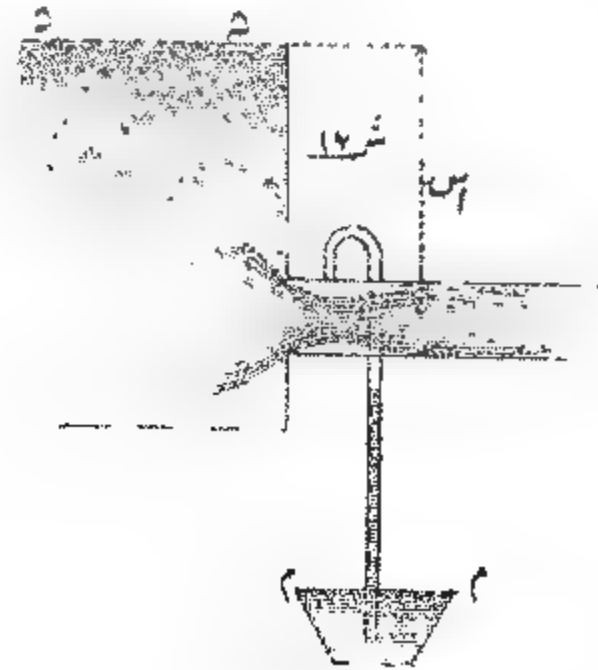
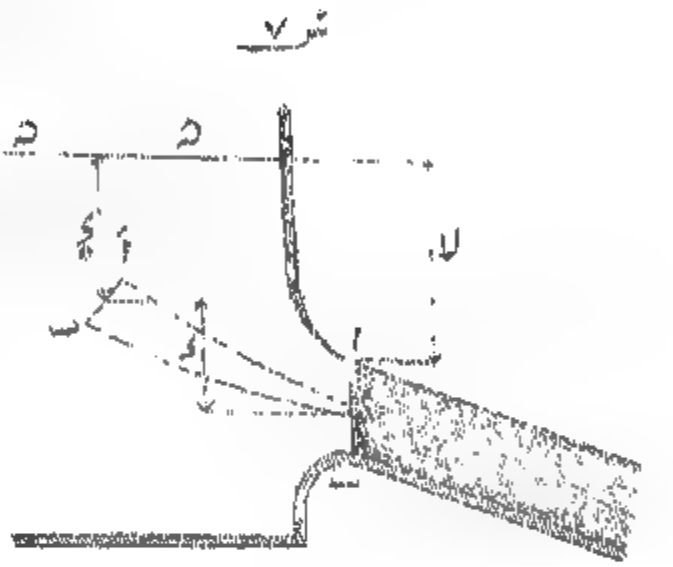
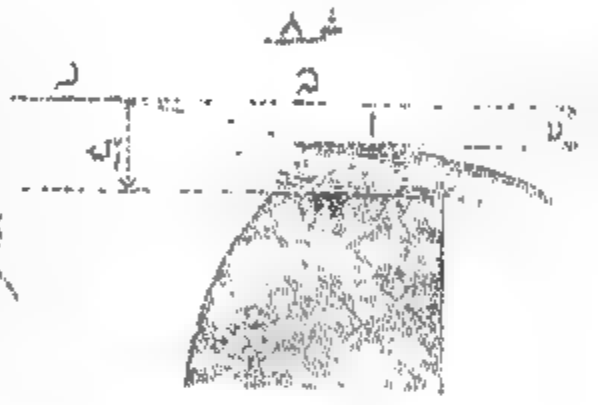
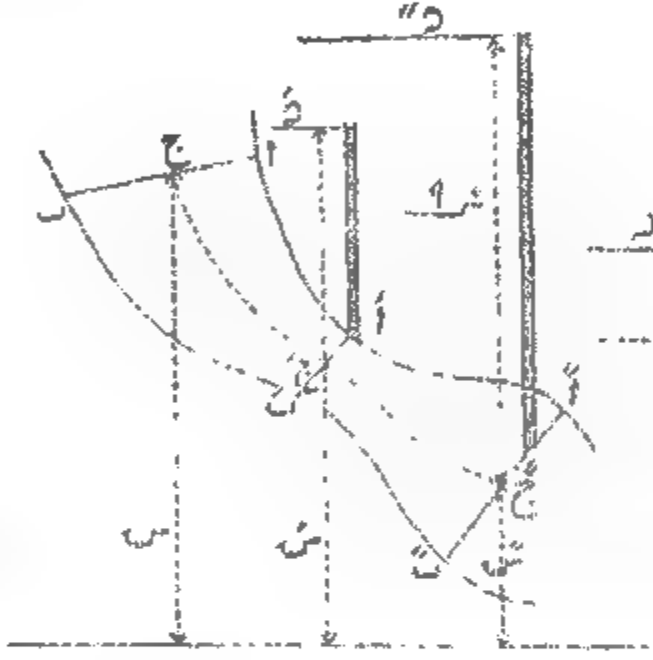
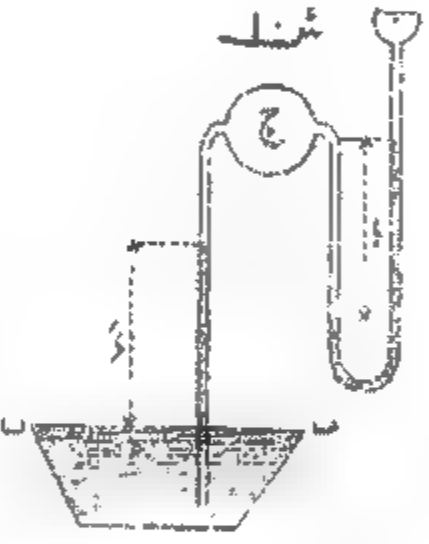
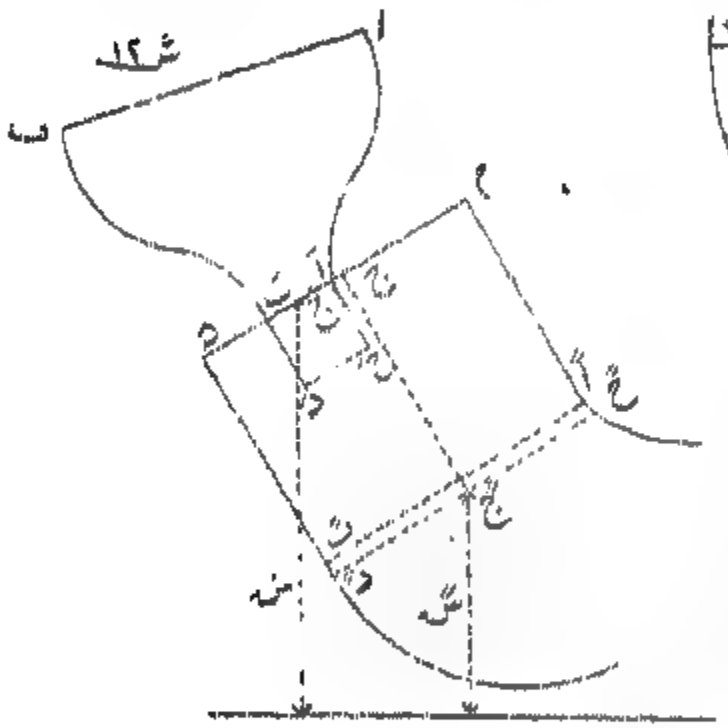
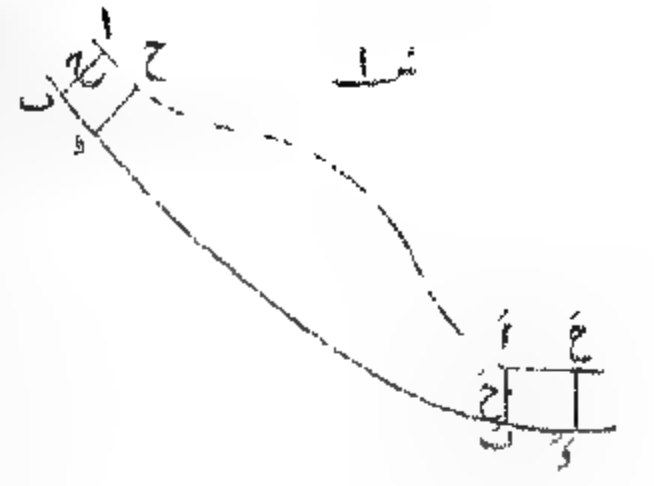
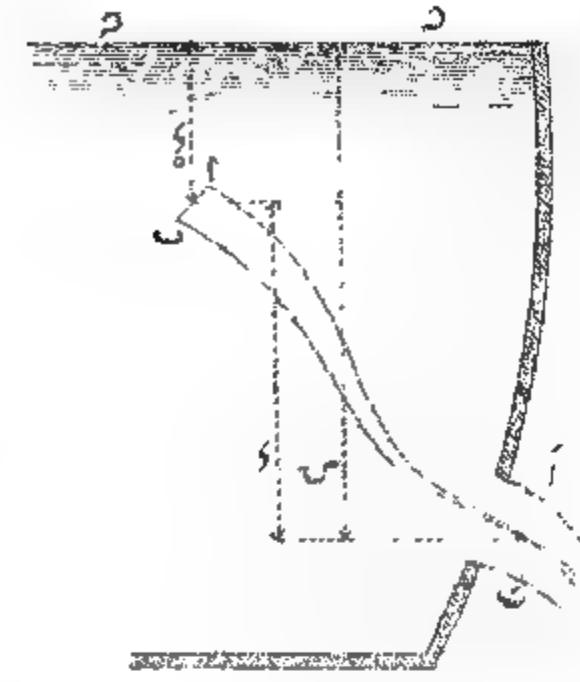
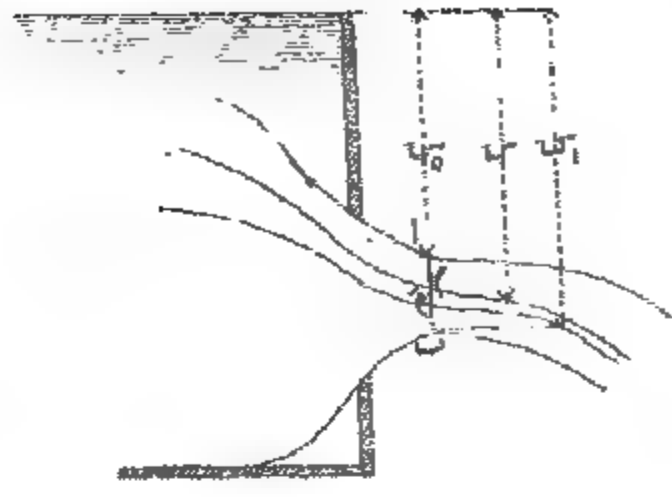
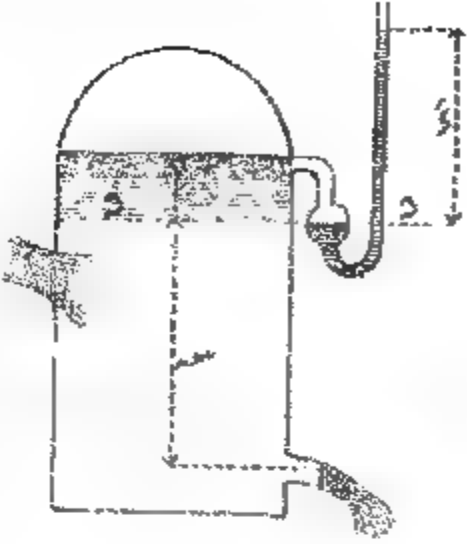
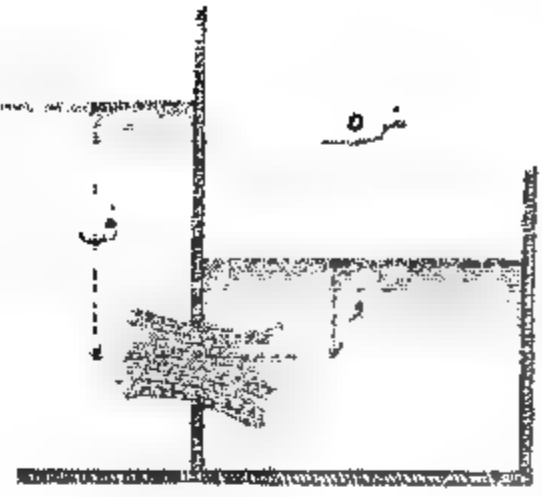
شماره ۳۰











٢٣١١ ويتضمن حساب الطلمبة أولا ملاءها اعنى الحوادث التى تحصل من ابتداء الوقت الذى يتحرك فيه المكبس بفرض أن الانابيب فارغة الى الوقت الذى تكون فيه الانابيب المذكورة مملوءة وثانيا شروط توازن الطلمبة مملوءة

وثالثا شغل القوى اللازمة لتحريكها وتحصيل تأثير مفيد معين

٢٣٢ اذا علمت ابعاد طلمبة ماصة ساقطتها القارة موجودة بين البئر ومجرى المكبس انظر (شكل ٢ و ٤ و ٦ و ١١ و ١٣ و ١٥ و ١٧) امكن أن يعين بواسطة الحساب عدد درجات المكبس اللازمة لتوصيل الماء فوق الساقطة المذكورة ولتقتصر على معرفة الشرط اللازم لحصول رفع الماء فوق الساقطة بأن نعتبر حالة خصوصية يمكن حصولها وهى الحالة التى يصعد فيها الماء فى الأنبوبة الماصة الى ارتفاع لا يتجاوز ما يبلغ احكام السواقط عند غلقها ما بلغ بحيث ان الهواء لا ينفذ منها وان بلغت ايضا ما بلغت سهولة دورانها واحكام المكبس فى مجراه

ولیکن ح رمزاً الى الحجم الاسطوانى المتولد من احدى وجهى المكبس مدة صعوده أو هبوطه

و ح رمزاً الى الحجم غير المنتظم الصورة الموجود فى مجرى المكبس بين المكبس والساقطة القارة فى وقت اقترابهما الاكبر وهذا هو المعروف فى بعض الاحيان بالفراغ المضروب سـ رمزاً الى الارتفاع الرأسى للماء المرفوع فى انبوية المص بعد عدة درجات من درجات المكبس

و د رمزاً الى ارتفاع الماء المعادل للضغط الجوى فى المحل المعتبر

وحين يكون المكبس فى اعظم بعده عن ساقطة المص يكون حجم الهواء المحصور بينه وبينها ح + ح ويكون ضغطه مبينا بالارتفاع د - سـ  
وحين ينتقل المكبس الى النهاية الاخرى من مسافته اى الى اصغر بعده عنها بفرض



ان الساقطتين باقبتان على انغلاقهما يؤول حجم الهواء المذكور الى الحجم  $ح$  وبناءً على ذلك يكون ضغطه

$$(د - س) \frac{ع + ح}{ع}$$

اذا تقرر هذا يحصل احد امرين الاول ان يكون الضغط الاخير المحسوب اكبر من ضغط الجو وحينئذ تنفتح ساقطة الرفع ويتصرف جزء من الهواء ويتحصل من رجة جديدة للكبس حجم لما بقى من الهواء قدره  $ح + ع$  فاذن يحدث من ذلك تمخلل اعظم من الذى حصل من الرجة المتقدمة وبناءً على هذا يزداد الارتفاع  $س$

الثانى ان يكون الضغط الاخير المحسوب مساويا لضغط الجو وحينئذ تبقى ساقطة الرفع مغلوقة ولا تتغير حالة الهواء في انبوبة المص من رجة جديدة للكبس فاذن يكون الارتفاع  $س$  ثابتا ويتعين هذا الارتفاع في هذه الحالة بمعادلة

$$(د - س) \frac{ع + ح}{ع} = د \text{ التى ينتج منها}$$

$$س = د \times \frac{ح}{ع + ح}$$

وحينئذ يلزم في الطلبات أن يكون ارتفاع ساقطة المص اقل من هذه الكمية فاذا كان ارتفاع عمود الزئبق البارومترى يساوى  $٢٠٧٤$  مثلافه يحدث بقطع النظر عن حرارة الماء

$$د = ٢٠٧٤ \times \frac{١٠٠٠}{١٠٠٠ + ١٠٠٠} = ١٠٠٠$$

$$\text{وليسكن } ح = \frac{١}{٨} \text{ فينتج من ذلك}$$

$$س = ١٠٠٠ \times \frac{١}{٨} = ١٢٥$$

ويحدث من التجربة حد ارتفاع اصغر من الكمية المتقدمة

اقول بسبب ثقل السواقط

وثانيا بسبب الهواء الذى يتقدم من السواقط ويدخل في انبوبة المص

وثالثا بسبب الهواء الذى يتصرف من الماء عند تناقص الضغط الحاصل على

سطحه

ورابعاً بسبب البخار الذي يصعد عاجلاً وبعثاً المسافة المتخللة الهواء لاسيما إذا كان الماء ساخناً فإذا باغ الماء درجة الغليان لا يحصل امتصاص أصلاً وفي هذه الحالة يلزم استعمال طلمبة رافعة فقط أو طلمبة كائسة فقط

٢٣٤ ويمكن حصول عارض آخر وهو أن الماء بعد أن يصل فوق ساقطة المص يرتفع عن الصعود ولا تعتبر طلمبة ماصة رافعة من الطلمبات المبينة في (شكل ٢ أو ٤) مجرى مكبسها محكم ولن يجعل ح و د باقيين على معنهما المتقدم وليكن س رمز الارتفاع الماء المرفوع فوق البئر و ح رمز الحجم الموجود بين الماء المرفوع والمكبس عند غاية هبوطه

وما تقدم من البرهان (في بند ٢٣٢) يستعمل بالضبط للبرهنة على أنه يحصل معنا في حالة الوقوف التي نحن بصدد هامة معادلة

$$س = د \times \frac{ح}{ح + ح}$$

والفرق الحاصل هنا هو أن حجم ح المتعلق بالارتفاع س أصغر من حجم ح الثابت

وينتج من الشرط  $ح > ح$  ومن المعادلة المتقدمة

$$س < د \times \frac{ح}{ح + ح}$$

ومن ذلك يحدث أنه إذا كان  $د \times \frac{ح}{ح + ح}$  أكبر من أصغر ارتفاع للمكبس فوق البئر لا يمكن تحقيق حالة الوقوف المذكورة

ويمكن بالسهولة تعيين س إذا كان ح دالة بدرجة أولى لهذا المجهول وليكن د رمز الارتفاع الأعظم للوجه الأسفل من المكبس المفروض مستويا وافقيا فوق استواء الماء في البئر وليكن كافي (شكل ٦٦) ل رمز المسافة المكبس

و س رمز السعة قطع مجرى المكبس في سائر امتداد الحجم ح + ح فيحدث

$$ج = ل - د \text{ و } ج + ح = ز - س$$

فتؤول المعادلة المذكورة آنفا إلى هذه الصورة

$$س = د \times \frac{ل}{ز - س} \text{ ومنها ينتج } س = \frac{ل}{\frac{ز}{د} \pm 1}$$

ولاجل حصول الوقوف المفروض يلزم أولا أن يكون س حقيقيا وحينئذ

يكون  $ل > \frac{ل}{د} \times \frac{د}{ز}$  وان يكون أيضا س اكبر من ارتفاع ساقطة

المص وأصغر من  $ز - ل$  وزيادة على ذلك يقال حيث فرض وصول الماء

بعد عدة من رجات المكبس فوق الساقطة يلزم أن يكون د الذي هو ارتفاع الماء

المذكور فوق البئر اكبر من  $د \times \frac{ح}{ج + ح}$  لكيلا يكون الوقوف حاصلًا تحت

الساقطة ويشاهد من ذلك أنه يلزم للظلمة مقادير غير مستعملة حتى تستوفي جميع

الشروط المتقدمة

فإذا فرض مثلا  $ز = ٧٠$  و  $ل = ١٧$  و  $د = ١٠$  و  $س = ١٠$

ففي هذه الحالة لا يحصل وقوف تحت الساقطة لأنه يحدث

$$س = ١٠ \times \frac{١}{٣٥} = ٠,٢٨٨ < ١٠$$

بل يحصل وقوف فوق الساقطة وتحت المكبس لأنه يحدث

$$س = \frac{١}{٣} = \frac{١}{٣} \times \frac{١٧}{٧٠ - ١٧} = \frac{١}{٣} \times \frac{١٧}{٥٣} = ٠,١٠٨$$

ولم تذكر هنا هذه المناقشة القليلة الجدوى إلا بسبب أنه يوجد في عدة

مؤلفات أنه متى كانت غير المتساوية وهي  $ل > \frac{ل}{د} \times \frac{د}{ز}$  حاصلة

امكن حصول وقوفين تحت المكبس

ويشاهد مما ذكر أنه يمكن اجتياح كل وقوف وذلك بأن تجعل المسافة ح صغيرة

بحيث تكون كمية  $د \times \frac{ح}{ج + ح}$  اكبر من أصغر ارتفاع للمكبس فوق البئر

ومن البديهي أنه يلزم أن يكون اكبر ارتفاع للمكبس اصغر من د

٢٣٥ ولا جلي امتلاء طلمبة بواسطة تحرك المكبس يلزم في بعض الأحيان

أن



طلبات بسيطة التأثير

مكبس ذو ساقطة ط

ساقطة قارة بين البئر  
ومجرى المكبس ط

ساقطة قارة بين مجرى  
المكبس وانبوبة الرفع  
ط -

مكبس محبوك ص و

مكبس اصم ص

مكبس غطاس ص -

طلبات مضعفة التأثير ح

مكبس محبوك وساق في انبوبة الرفع

مكبس محبوك وساق مار بعلبة  
مخشوة

مكبس غطاس ذو ساقطة

ساقطة قارة فوق مجرى المكبس

ساقطة قارة فوق مجرى المكبس

ماء فوق المكبس

ماء تحت المكبس

ماء فوق المكبس

ماء تحت المكبس

مجرى مكبس واحد ومكبس مصمت

اربع سواقط قارة

مجرى مكبس ومكبسان ذوا ساقطين

طلبه رافعه فقط شكل ١ ط و

طلبه ماصه رافعه شكل ٢ ط و

طلبه رافعه فقط شكل ٣ ط و

طلبه ماصه رافعه شكل ٤ ط و

طلبه رافعه فقط شكل ٥ ط و

طلبه ماصه رافعه شكل ٦ ط و

طلبه رافعه فقط شكل ٧ ط -

طلبه ماصه رافعه شكل ٨ ط -

طلبه كابسه فقط شكل ٩ ط -

طلبه ماصه رافعه شكل ١٠ ص و

طلبه كابسه فقط شكل ١١ ص و

طلبه ماصه كابسه شكل ١٢ ص و

طلبه ماصه رافعه شكل ١٣ ص -

طلبه كابسه فقط شكل ١٤ ص -

طلبه ماصه كابسه شكل ١٥ ص -

منفذان في مجرى المكبس شكل ١٦ ح

اربع منافذ شكل ١٧ ح

شكل ١٨ ح

ان يصب فيها قليل من الماء ليحيز به الخلل الحادث في السواقط عند غلقها  
وليحيز به خلل حبكة المكبس ايضا


٢٣٦ و متى وصل الماء الى انبوبة الرفع فانه لا يزال مرتفعا بها في زمن رجات  
المكبس الى ان يصل الى منفذ التفريغ

ولا يعين الماء عند الصعود في طلبية الا القوة المحركة وصلابة الآلة ومن الطلبات

الموجودة الان طلبية مارلى التى ترفع الماء الى ١٦٠<sup>م</sup> ويوجد في معادن وبلو

طلبية ترفعه الى ٢٣٠<sup>م</sup>

٢٣٧ وتتغير شروط توازن الطلبات بحسب جنسها ولتسكك على شروط

توازن طلبية شكل ٢ طو التى  كسبها ذو ساقطة ولذا نتصور أن


المكبس يكون آيلا الى رفعة مستوية رقيقة جدا ومربوعة في الساق

بخط جامد ولاجل حفظ التوازن نتصور أن حجم المكبس وثقله منتولان الى

الساق


ولنعبر الطلبية في الوقت الذى يكون فيه المكبس مشرفا على الصعود

او صاعدا بتحرل بطئ جدا ولذا نفرض أن القوة  مؤثرة من اسفل الى اعلى

وواقعة على الساق الذى يقع عليه ايضا ثقله  المؤثر في الجهة المضادة للقوة

المذكورة وفي هذه الحالة تكون ساقطة المكبس مغلوقة وساقطة المص مفتوحة

او مشرفة على ذلك ويكون ضغط الماء واحد على كل من وجهيه اذا قطع النظر

عن ثقل الساقطة في الماء فاذن  يكون مقدار الضغط الحاصل على الوجه

السفلى من المكبس

ط ب (د - س)

بجعل ط رمزا الى ثقل مترمكعب من المائع و ب رمزا الى سعة فراغ

قطع مجرى المكبس و د رمزا الى ارتفاع الماء الدال على ضغط الجو و س

رمزا الى البعد الرأسى للمكبس فوق البئر

ويكون مقدار ضغط الماء الحاصل على الوجه العلوى من المكبس



ط - (د + س - سه)

يجعل س رمزا الى الارتفاع الكلى للماء في الطلمبة فوق البئر فاذا جعلنا هـ رمزا الى شد الخيط الساند للمكبس يحدث معنا يجعل ت رمزا الى احتكاك حبيكة المكبس

هـ = ط - (د + س - سه) - ط - (د - سه) + ت = ط - س + ت  
وحيث كان الساق متوازنا في المائع بواسطة تأثير القوى و و ث و هـ والانضغاطات الحاصلة له من هذا المائع التي لها محصلة رأسية من أسفل الى اعلا مساوية لثقل حجم المائع المحذوف يحدث معنا يجعل ح رمزا للحجم المغمور من الساق مع حجم المكبس معا

و + ط ح = ت + هـ

و ينتج من المعادلتين الاخيرتين

و = ط - س + ت - ط ح + ت

فحينئذ تكون القوة و مساوية لثقل عمود اسطوانى من المائع قاعدة تساوى قطع مجرى المكبس وارتفاعه يساوى ارتفاع الماء بالطلمبة فوق البئر زائد القوة اللازمة لسند الساق والمكبس المعلقين في المائع بفرضه ساكنا والمغمورين كما هو الواقع وزايدا ايضا احتكاك المكبس

ولنعبر الآن الطلمبة المذكورة في الوقت الذى يهبط فيه المكبس بتحرك بطى جدا فنقول ان الساقطة القارة تكون في هذه الحالة مغلوقة بخلاف ساقطة المكبس فانها تكون مفتوحة وعلى ذلك يتركب من المكبس ومن ساقه ماعدا احتكاك الحبيكة الذى نرمز له برمز ت جسم صلب مغمور من جميع جهاته في مائع ساكن اجزائه متصلة ببعضها فاذا جعلنا و رمزا للقوة الرأسية المؤثرة من اعلا الى أسفل التي لا بد منها لحفظ التوازن فانه يحدث

و = ط ح - ت + ت

وحيث ان الساق في العادة معدنى يكون ت اعظم بكثير عن ط ح لاسيما اذا كان للساق طول عظيم خارج عن الماء

٢٣٨ ولا يمكن ان يكون لتعيين احتكاك حبيكة المكبس سواء كان صاعدا اوهابطا قواعد محقة

وكية هذا الاحتكاك تتعلق باحوال متنوعة

اولا انها تتعلق بقطر المكبس المناسب لمحيط منع الماء عن الخيز  
وثانيا انها تتعلق بالحبيكة فاذا كانت هذه الحبيكة جلدا ملفوفا  
او مقصوصا فان الضغط الحاصل منها على مجرى المكبس يكون مناسب الارتفاع  
عمود الماء الذي يحمله المكبس ويظهر ان هذه القاعدة ليست موافقة بالضبط  
للمكابس المحبوكة بالشيل والعلب المشوة للمكابس الغطاسة  
وثالثا انها تتعلق بصقله سطح مجرى المكبس المحكم او المكبس الغطاس  
المجكم

وقد سلم المهندس لانسدورف أن الاحتكاك يكون مينا بمعادلة

$$P = M \cdot Q$$

التي يكون فيها قط رمز قطر المكبس و د رمز الارتفاع الماء المعادل  
لفرق الاضغاطات الحاصلة من المائع على كل متر من وجهي المكبس و م  
رمز الكمية متعلقة بجنس السطح المماس للحبيكة

وقد وجد المهندس لانسدورف المذكور بالتجربة للكمية م المقادير  
الآتية بفرض ان طول قط و ي مقومان بالنسبة للمتر وهذ المقادير

هى

ل  
٧

فى مجرى المكبس المتخذ من نحاس اصفر جيد الصقله

وفى مجرى المكبس المتخذ من الحديد الزهر المحفور فقط (اى غير المصقول) ١٠

٢٥

وفى مجرى المكبس المتخذ من الخشب المصقول

٥٠

وفى مجرى المكبس المتخذ من الخشب الذى تلف من كثرة الاستعمال

وقد يتغير الارتفاع د فى مدة التحرك المتروك للمكبس غير انه يكون صغيرا فى احد

انصاف رجات مكبس ذى ساقطة حيث ان الضغط يكون حينئذ واحدا تقريبا

على وجهى المكبس وفي هذه الحالة يتناقص الاحتكاك اذا كانت الحبيكة مبردة  
والاولى أن يعتمد على احتكاك ثابت حيث انه لم تعمل تجارب في هذا الشأن  
٢٣٩ ولنطبق ذلك على الطلبية الماصة الرافعة في الوقت الذى يتبدء فيه المكبس  
في التحرك الى اعلى فنقول

في هذه الحالة يكون  $z = s$  وليكن  $m = 10$  ويكون حينئذ  $t = 10$  قط  $s$   
فاذا ابدلنا  $t$  بمقداره هذا في مقدار  $v$  المقرر في (بند ٢٣٧) نحصل معنا

$$v = (ط - 10 + قط) s + ث - ط ح$$

$$أو \quad v = (780 + قط) s + ث - ط ح$$

ومن ذلك يشاهد ان الاحتكاك كفاية عن كمية يلزم اضافتها الى الارتفاع  $s$   
وهذه الكمية تساوى  $\frac{15}{780 قط} s$  أو  $0.02 \frac{s}{قط}$  فاذا كان قط يساوى  
٢٠ مثلاً فان الزيادة المذكورة تكون مساوية  $0.4 s$

٢٤٠ والقوانين المتقدمة كافية لحساب شروط توازن طلبية ماصة رافعة  
وحساب انواع الروافع التى يمكن استعمالها في تحريك هذه الطلبية

ولا بد من تعيين شغل القوتين  $v$  و  $v'$  مدة تحرك الطلبية فاذا ارتفع المكبس  
الى ارتفاع صغير قدره  $فاس$  فان شغل القوة  $v$  يكون  $v فاس$   
واذا هبط المكبس من الارتفاع  $فاس$  المذكور فان شغل القوة  $v'$  يكون  
 $v' فاس$

فاذن يكون الشغل الكلى الحاصل من القوتين المذكورتين في هذين الاتقائين  
الصغيرين

$$(v + v') فاس أو (ط - s + ث + ث') فاس$$

وحينئذ فشغل القوتين المذكورتين في رجة كاملة من رجات المكبس الذى قد  
مساقته  $ل$  بفرض أن  $s$  و  $t$  و  $ث$  ثابتة كما هو الواقع تقريبا  
يكون مبينا هكذا

$$ط - ل + s + (ث + ث') ل$$

اعنى انه يكون مساويا لثقل الماء الذى حجمه مساو للحجم المتولد من المكبس  
مضروبا

مضروباً في الارتفاع الذي يصعده الماء زائداً الشغل المنسوب للاحتكاك  
وتحصل هذا كان يمكن بدون واسطة من القاعدة العمومية المتعلقة بتأثير  
شغل القوى الواقعة على جسم ما مادي

٢٤١ ولنجرى البحث المتقدم في طلبية ماصة ذات مكبس مصمت فنقول لتكن  
هذه الطلبية هي المبنية في شكل ١٠ صه و

عقبي كان المكبس صاعداً تكون الساقطة الماصة مغلقة وتكون  
ساقطة الرفع مفتوحة فيكون الضغط على الوجه الاسفل من المكبس منسوباً  
للجو ومساوياً

ط - د

ويكون على الوجه الاعلى مساوياً

ط - (د + س - سه)

فاذن يكون الشد

هـ = ط - (د + س - سه) - ط - د + ت = ط - (س - سه) + ت  
ويحدث من توازن القضيب كما تقدم

و + ط - ع - ش - هـ = ٠

فاذن ينتج

و = ط - (س - سه) + ش - ط - ع + ت

ومتى كان المكبس هابطاً تكون ساقطة الرفع مغلقة والماصة مفتوحة  
ويكون الضغط على الوجه الاعلى من المكبس

ط - (د - سه)

فاذن يكون مقدار ضغط القوة هـ الحادثة من الساق على المكبس لاجل  
توازنه والمؤثرة من اعلى الى اسفل

هـ = ط - د - ط - (د - سه) + ت' = ط - سه + ت'

وينتج من توازن الساق في هذه الحالة

٥٥ يك

$$\text{هـ} - \text{ط} + \text{ح} + \text{ث} = \text{و}$$

ومن هنا يحدث  $\text{و} = \text{ط} - \text{س} + \text{ط} + \text{ح} - \text{ث} + \text{ت}$

وبمثل ما تقدم يستنتج أن الشغل الحاصل من القوتين  $\text{و}$  و  $\text{و}$  في رجة كاملة حاصلة من تحرك بطي يكون

$$\text{ط} - \text{ل} - \text{س} + (\text{ت} + \text{ت}') - \text{ل}$$

٢٤٢ ويسهل ايضا شرح الطلبة الماصة الكابسة المبينة في شكل ١٢ ص و فيقال متى كان المكبس هابطا فان ضغط الماء على الوجه الاسفل من المكبس يكون

$$\text{ط} - (\text{د} + \text{س} - \text{س})$$

ويكون ضغط الهواء الحاصل على الوجه الاخر

$$\text{ط} - \text{د}$$

فاذن يكون تأثير الساق من اعلى الى اسفل

$$\text{هـ} = \text{ط} - (\text{س} - \text{س}) + \text{ت}$$

ويحدث من توازن الساق

$$\text{و} + \text{ث} - \text{هـ} = \text{و}$$

ومن هنا ينتج

$$\text{و} = \text{ط} - (\text{س} - \text{س}) - \text{ث} + \text{ت}$$

ومتى كان المكبس صاعدا فان الضغط الحاصل من الماء على الوجه الاسفل

يكون مساويا  $\text{ط} - (\text{د} - \text{س})$  فاذن يكون تأثير الساق من اعلى الى اسفل

$$\text{هـ} = \text{ط} - \text{س} + \text{ت}$$

ويحدث من توازن الساق المذكور بجعل  $\text{و}$  رمز اللقوة الواقعة عليه من

اسفل الى اعلى

$$\text{و} = \text{ث} + \text{ط} - \text{س} + \text{ت}$$

وحينئذ يحدث

$$\text{و} + \text{و} = \text{و} = \text{ط} - \text{س} + \text{ت} + \text{ت}$$

٢٤٣- ويمكن في الحالتين المتقدمتين (المختصتين بالمكبس المصمت) ان يجعل  
القوتان  $W$  و  $W'$  المتضادتان متساويتين

فاذن يحدث معنا للطلبة الرافعة المبينة في شكل ١٠ صه و

$$ط - (ش - سه) + ث - ط + ح = ط - ح - ث + ط - سه +$$

$$ط - ح - ث + ث$$

او يحدث معنا باهمال  $ط - ح$  التي هي كمية متغيرة وصغيرة جدا وجعل  
 $ث = ث'$

$$ط - (ش - سه) + ث = ٠$$

ومن ذلك يستخرج  $سه$  أو  $ث$  بحسب كون احدى هاتين الكميتين  
مجهولة

ويحدث معنا للطلبة الكابسة المبينة في شكل ١٢ صه -

$$ط - (ش - سه) - ث = ث + ط - سه$$

$$او ط - (ش - سه) - ث = ٠$$

٢٤٤- وتستعمل القوانين المتقدمة في الطلبات ذات المكبس الغطاس المبينة  
في (شكل ١٣ و ١٥) بجعل  $سه$  رمز الارتفاع المتغير المقابل للنهاية  
المتطرفة من المكبس المذكور في داخل مجرى المكبس

والطلبات المبينة في (شكل ١٥) تكون في بعض الاحيان متحركة بواسطة محرك  
ليس له وظيفة غير رفع الساق الذي يهبط بعد الصعود بواسطة ثقله الذي يكفي  
لرفع عمود المائع الموجود بانبوبة الصعود فاذن يحدث في هذه الحالة

$$ث < ط - (ش - سه)$$

٢٤٥- وليست شروط التوازن المتقدمة كافية لتقويم شغل القوى اللازمة  
لتحريك الطلبة منع الانتظام

وينبغي ان يضاف الى الشغل المقاوم الاصلى الحادث من تأثير التناقل على الماء  
المرفوع وإلى الشغل الحاصل من احتكاك المكبس اشغال أخرى  
اولا الشغل الحاصل من احتكاك الماء في الانابيب



وثانياً الشغل الذي يتسبب عنه اختناقات للسواقط والتغيرات الدفعية لاسرعة  
الماء على وجه العموم

وثالثاً الشغل المنسوب لمصادمة السواقط

ورابعاً الشغل الدال على الحدة الكامنة للماء في رأس العمود  
الصاعد

٢٤٦ ويحسب الشغل المنسوب لاحتكاك الماء في الانابيب على وجه  
السهولة بواسطة القواعد المتقدمة متى كان تحرك الماء فيها دوامياً ولا يكون ذلك  
حاصلاً في الحالة التي تكون فيها الطليقة بسيطة التأثير لان الماء لا يتحرك  
في الانبوبة الا في مدة احد نصف رجة المكبس فاذا علمت كيفية تغير  
سرعة المكبس المذكور فانه يمكن حساب الشغل المنسوب لاحتكاك الماء  
في الانبوبة بتسليم فرض ان الاحتكاك متعلق بالسرعة المتوسطة  
لكل وقت بمقتضى القانون المتقدم كما في حالة التحرك الدوامي وهذا فرض  
خطر

وقد شوهد أن شغل المقاومة المطلوبة يكون مكاملاً فيا لشغل قوة معينة بهذا  
المقدار

ط ل ح ( و ج + و ج ' )

أو انها تكون معينة مع اهمال المسافة المشغولة بالساق المفروض رقيقاً جداً  
بهذا المقدار

$$\frac{\text{ط ل ح}}{\text{قط}} ( و ج + و ج ' )$$

وهي قوة ينبغي أن تعتبر واقعة على نقطة سرعتها كالسرعة المتوسطة للماء  
ففي مدة ان تتقدم شقة من المائع بالكمية فاي مع السرعة و ج يكون مقدار  
الشغل المنسوب للاحتكاك

$$\frac{\text{ط ل ح}}{\text{قط}} ( و ج + و ج ' ) \text{ فاي}$$

وحيث كانت كميات و ج و فاي مرتبطة بالكميات الثلاثة وهي

و ج

د و ع و فا سه اعنى قطوع المكعب وسرعته والمسافة التى يقطعها  
بواسطة المعادلتين

$$- ع = د ع و - فاى = د فاسه$$

يكون الشغل الجزئى حينئذ

$$\frac{د}{قط} [ د ع و + و ( \frac{د}{-} ) ] فاسه$$

وهى كمية يسهل عملية تكاملها بواسطة قانون سامسون متى علمت سرعة المكعب  
فى كل من اوضاعه وهذا ما يحصل عادة فى الطلبة التى سوقها متحركة  
بواسطة مناوالات ذات تحرك مستدير منتظم تقريبا

ويسهل الحساب عند ذلك ايضا اذا كانت الطلبة موضوعة على وجه بحيث  
تكون السرعة ع منتظمة تقريبا

٢٤٧ ويفهم بالسهولة انه يلزم لاجل ثقل كمية معلومة من الماء بواسطة انبوبة  
معلومة فى زمن معلوم كـ الساعة مثلا ان يكون شغل الاحتكاك فى التحرك  
المتقطع للماء اعظم منه فى التحرك المنتظم لانه اذا بطل التحرك مدة نصف الزمن  
المذكور كانت سرعة التصريف المفروضة منتظمة مدة النصف الثانى منه ضعف  
مقدارها فى حالة ما اذا كان التحرك منتظما

وقد شوهد سابقا ان الشغل المقاوم الحادث من الاحتكاك مدة ما يتقدم الماء  
المسافة فاى بالسرعة ع يكون

$$\frac{د}{قط} ( و ع + و ع ) فاى$$

وفى هذه المدة يكون ثقل الماء المرفوع ط - فاى ولنرمز له بالرمز فاش  
فيؤول شغل الاحتكاك الى

$$\frac{د}{قط} ( و ع + و ع ) فاش$$

ان هذا الشغل يكون فى ثقل واحد من الماء المرفوع مناسبا للكمية  
د و ع و حينئذ يكون متزايدا بنسبة اعظم من نسبة السرعة

مثال

اذا كان  $ع = ۲۰$  يحدث  $وع + وع' = ۲۰۰۰۰۰۲۰$   
 $وع = ۴۰$  يحدث  $وع + وع' = ۲۰۰۰۰۰۶۸$   
 ومن ذلك تظهر فائدة التحرك المنتظم في الانابيب المستطيلة جدًا وقد يحصل  
 ذلك على وجه التقريب بطرق متنوعة  
 اولاً بواسطة عدة مجارى مكابس مستطرفة بانبوبة مص واحدة وانبوبة رفع  
 واحدة

وثانياً بواسطة حياض مملوءة بالهواء

۲۴۸ ويحصل من ثلاث طلبيات بسيطة التأثير ذات مكابس متحركة بمناولة  
 ثلاثية تصرف منتظم تقريباً في انبوبة الرفع والمص المشتركتين في هذه  
 الطلبيات

وليفرض ان الطلبيات الثلاثة رافعة فتكون سرعة الماء في انبوبة جامعة لحاصل  
 هذه الطلبيات متغيرة بالنسبة لمجموع السرعة التصاعدية للطلبيات المذكورة  
 في وقت واحد

فاذا كانت الاذرعة المحركة للطلبية طويلة طويلاً كافياً بحيث تكون باقية  
 رأسية تقريباً في مدة دورة فان السرعة الرأسية لمكبس هي المسقط الرأسى  
 للسرعة  $ع$  التي هي سرعة زرا المناولة اعنى ان السرعة الرأسية للمكبس تكون  
 $ع$  جـ بـ يجعل  $ع$  رمز الزاوية نصف قطر هذه المناولة مع الخط الرأسى  
 ويوجد في بعض اوقات من الدورة مناوالتان صاعدتان معا وفي اوقات اخر  
 لا توجد الا واحدة صاعدة فقط في الحالة الاولى اذا حدث من احد نصفي قطري  
 المناوالتين المذكورتين مع الرأسى زاوية قدرها  $ع$  فانه يحدث من نصف القطر  
 الاخر مع الرأسى المذكور زاوية قدرها  $۶۰^\circ - ع$   
 ويكون مجموع السرعة التصاعدية

$$ع [ (جـ + ب) (۶۰^\circ - ع) ]$$

وتتغير مقادير هذا المجموع مدة ما تكون  $ع$  متزايدة من  $۰^\circ$  الى  $۶۰^\circ$   
 ويمكن اختصار صورة هذه الكمية لانه يحدث

جـ بـ

جاء + جا (٦٠° -) = جاء + جا ٦٠° جتا = جتا ٦٠° جاء  
لكن حيث ان

$$\text{جا } ٦٠^\circ = \text{جتا } ٣٠^\circ \text{ وان جتا } ٦٠^\circ = \text{جا } ٣٠^\circ = \frac{1}{2}$$

ومن ذلك يحدث

$$١ - \text{جتا } ٦٠^\circ = \text{جا } ٣٠^\circ$$

يكون

$$\text{جاء + جا (٦٠° -) = جاء + جا ٣٠° + جتا ٣٠° = جتا (٣٠° -)}$$

وهي كمية تتغير عند ما تزداد من ٠° الى ٦٠° بهذه الكيفية

$$= ٠ \text{ و } ١٠^\circ \text{ و } ٢٠^\circ \text{ و } ٣٠^\circ \text{ و } ٤٠^\circ \text{ و } ٥٠^\circ \text{ و } ٦٠^\circ$$

$$\text{جتا (٣٠° -) = } ٨٦٦ \text{ و } ٩٤٠ \text{ و } ٩٨٥ \text{ و } ١٠٠٠ \text{ و } ٩٨٥ \text{ و } ٩٤٠ \text{ و } ٨٦٦$$

وفي الحالة الثانية وهي التي لا يوجد فيها المناولة واحدة صاعدة فقط تكون سرعة هذه المناولة ع جاء وتكون الزاوية ع متزايدة من ٦٠° الى ١٢٠° وبناء على ذلك يكون ع جاء مكافيا ع جتا ع يجعل ع رمز الزاوية متغيرة من ٣٠° الى ٠° ثم من ٠° الى ٣٠° فاذن يأخذ جا ع المقادير المتقدمة

وحيث ان تكون نسبة اصغر سرعة الماء في الانبوبة المشتركة الى اكبر هذه السرعة في الانبوبة المذكورة كنسبة عددي ٨٦٦ و ١٠٠٠

٢٤٩ واما وظيفة الحوض المملوء بالهواء المتصل بالنبوبة برفع الطلمبة قريبا من نهايتها السفلى فانه يسهل ادراكها لان الحوض المذكور يحفظ في نهاية الانبوبة المذكورة ضغطا ثابتا تقريرا يختلف قليلا عن الضغط الموافق للحركة الدوامي للماء المرفوع وان كان يحدث من رجات مكبس الطلمبة تصرف متقطع

فاذا كانت انبوبة المص طويلة جدا فالاصوب ان يصنع بها حوض هوائي مملوء هواء لكي يكون للماء في هذه الانبوبة تحرك دواحي تقريبا وينتج من هذين

الحوضين ان تحرك مجسم الماء لا يكون متقطعا الا بين الحوضين المذكورين  
وبذلك تكون مصادمات السواقط معدومة تقريبا

٢٥٠ والحياض الهوائية هي ايضا واسطة في منع المصادمات الشديدة  
الحاصلة لانايب توصيل الماء الطويلة التي بها والاب عند ما تغلق هذه  
الوالاب سريعا فيكون الحادث الذي يحصل حينئذ معروفا باسم الصدمة  
الكبشية

وليكن  $\alpha$  رمز الى انبوبة توصيل مستطرفة من نقطة  $\beta$  بحوض مملوء  
بالهواء ضغطه عين الضغط الحاصل في نقطة  $\beta$  يقطع النظر عن الفرق  
الحادث من الماء المرفوع في هذا الحوض وليفرض كما في (شكل ٦٧) ان  
التصرف يكون مقطوعا دفعة واحدة في  $\alpha\beta$  وهو قطع حاصل في الجهة  
الامامية من المحل الذي تتصل فيه الانبوبة بالحوض الهوائي  
فيدخل جزء صغير من الماء الموجود بانبوبة التوصيل في الحوض الذي يتزايد  
فيه ضغط الهواء ويحدث منه على المائع شغل مقاوم الى الوقت الذي تنعدم فيه  
سرعة الماء ولنبحث في هذا الوقت الاخير عن ضغط هواء الحوض بفرض  
ان الاهتزازات الحاصلة مدة الحادث المذكور من انبوبة التوصيل تكون  
صغيرة جدا ولا يكون حادثا منها على المائع الا كميات من الشغل سالبة وموجبة  
بالتوالي متماحية ثم نقطع النظر عن احتمال الانبوبة في مدة الحادث  
المتقدم

وليكن  $\lambda$  رمز الى طول انبوبة التوصيل وهي  $\alpha$   
و  $\mu$  رمز الى قطعها

وع  $\mu$  رمز الى سرعة الماء في وقت الغلق الحاصل في القطع  $\alpha\beta$   
فتكون حدة الماء في هذا الوقت

$$\frac{e}{\lambda} \times \mu -$$

وحيث ان الجدة الاتهامية معدومة يحدث

$$- \frac{e}{\lambda} \times \mu - \lambda = \text{ش} [ن]$$

يجعل

يجعل ش [ u ] رمزا الى المجموع الجبرى لشغل القوى الخارجة  
وهى

اولا ضغط الغاز المطروف فى الحوض

وثانيا الضغط الحاصل من الجوع على ا الذى هو اصل انبوبة التوصيل  
وثالثا تأثير الشاقل

فاذا جعل اولا ج و ضنه رمزين الى حجم وضغط كل متر من هواء الحوض  
فى الوقت الابتدائى وهما كيتان معلومتان بالفرض و ح و ضنه رمزين  
الى الكيميتين المشابهتين للمتقدمتين فى وقت ما من مدة الحادث اى مدة انضغاط  
الغاز يتحصل معنا بقطع النظر عن تغير درجة الحرارة

ح ضنه = ج ضنه = ل وهى كمية ثابتة

ويكون المقدار الحقيقى للشغل السالب الحاصل من الغاز على الماء عندما ينتقل  
سطح الماء فى الحوض ويقطع الحجم فاح هو

ضنه فاح او  $\frac{ل}{ح} فاح$

فاذن اذا جعل ح رمز الى حجم الهواء فى الوقت الاخير فانه يرى ان الشغل  
الكلى الحادث من الهواء على الماء يكون

$\frac{ل}{ح} ك فاح$  او  $— ٣٠٢٦ ر ل$  لو  $\left(\frac{ج}{ح}\right)$

لكنه يوجد ايضا بين ح وضغط ضنه الانتهاء المقابل له هذا الارتباط  
ح ضنه = ل = ج ضنه

وثانيا اذا جعل ضنه رمز الى ضغط كل متر فى ا الذى هو اصل انبوبة  
التوصيل يكون حينئذ الضغط الكلى الحاصل على القطع — هو ضنه —  
ويكون شغله فى المدة الصغيرة للحادث المذكور حاصل من ضرب ضنه —  
فى المسافة المقطوعة بعناصر المائع التى تكون موجودة مدة الوقت الاخير

فى اب

ولكن حاصل ضرب — فى المسافة المذكورة هو الحجم الداخلى من القطع اب



\* (٢٢٦) \*

في انبوبة التوصيل وهو المساوي للحجم ج — ح للماء الداخل في الخوض  
فان يكون شغل ضه — هو

$$\text{ضه} (ج - ح)$$

وثالثا يكون شغل التناقل مدة الحادث المذكور متعلقا بارتفاع القطع اب  
فوق المستوى ح د الذي هو توازن الماء في الخوض وليكن د رمزنا  
الى هذا الارتفاع فيكون الشغل المطلوب حينئذ

$$\text{ط} (ج - ح - د)$$

وبالاختصار تؤول معادلة تأثير الشغل الى هذه الصورة

$$\frac{ع}{٢} \text{ط} - = ٣٠٢٦ ر ٢ ج \text{ضه} \text{لو} \left( \frac{ج}{ح} \right) + (\text{ضه} + \text{ط} د) \times (ج - ح) \quad (١)$$

وبضم معادلة ح ضه = ج ضه الى هذه المعادلة يتحصل جبريا طرق حساب  
ح و ضه

٢٥١ ويمكن حل معادلة (١) بإبدال ح بعدة مقادير متوالية الى ان  
يتحصل في الطرف الثاني عدد قريب بالكفاية من الاقل

فاذا فرض من مبدء الامر ان نسبة  $\frac{ج}{ح}$  لا تتجاوز عن ٢ او ٣ امكن

علي وجبه التقريب ابدال ٣٠٢٦ ر ٢ لو  $\left( \frac{ج}{ح} \right)$  بكمية ٢  $\frac{ج - ح}{ح}$

كفا في (بند ٢٠٤) وحينئذ تؤول معادلة (١) الى معادلة بدرجة ثانية  
للمجهول ح

مثال

٢٥٢ اذا فرض ان الطول ل انبوبة توصيل من ا الى ا يساوي ٢١٥٠٠  
وان قطر ه ا يساوي ٣٠ ر ٢٠ ينتج من ذلك ان حجم الماء الموجود بهما من ا الى ا  
يكون

\* (٢٢٧) \*

$$\frac{1}{4} \text{ ط} \times 0.9 \times 1000 = 10.6 \text{ م}^3$$

وان ثقله يكون

$$\text{ط ل ر} = 10.6 \times 1000 = 10600$$

فاذا فرضنا ان سرعة الماء في الحالة الدوامية تساوي ٧٠٧٤ ر. يستخرج من ذلك بمقتضى جدول المهندس ماري تصرف في الثانية الواحدة قدره ٠٠٢٤٨ ر. ومفقود ضاغط منسوب الى الاحتكاك قدره ٠٠٢٤٨ ر.

في كل متر من طول الانبوبة فاذن يكون مقدار المفقود الكلي الحاصل في ١٥٠٠ الذي هو طول الانبوبة ٣٧٢ ر. ويحدث ايضا بسبب ان

$$ع = ٧٠٧٤ \text{ ر.}$$

$$\frac{ع}{٢٢} = ٠٠٢٥٥ \text{ ر.}$$

واذا فرض ان الارتفاع د وهو الانحدار الكلي لانبوبة التوصيل يساوي ٢٥ يتحصل الضغط في أ بضم ٢٥ الى الضاغط الحاصل في النقطة ا وهو يساوي ضغط الجوزائد ا ضغط الماء الذي قدره ٢٠ ر. فيكون حينئذ معادلا

$$\frac{\text{ض}}{\text{ط}} = ١١٥٣ \text{ او } ٢٠ + ١٠٣٣ = ١١٥٣$$

$$\text{ومن ذلك يحدث } \frac{\text{ض}}{\text{ط}} = ١١٥٣ - ٢٥ + ٣٧٢ = ٣٢٨١ \text{ وهو الضاغط في النقطة أ}$$

وبالجملة اذا فرض ان الحجم ب اصل الهواء المضغوط يساوي ٦ ر. فان معادلة (١) تؤول بمقتضى الفروض المذكورة الى

$$٣٢٨١ \times ٠.٦ \times \left( \frac{ع}{٢٢} \text{ لو } ٢,٣٠٢٦ \right) = ١٠٦٠٠ \times ٠.٢٥٥ - (٢٥٠٠٠ + ١١٥٣٠) (ع - ع')$$

$$\text{او الى } ٠.٧٤ = ٥٣٨٨ - \left( \frac{ع}{٢٢} \text{ لو } ٢,٣٠٢٦ \right) ع + ع' \quad (٢)$$

او انه يحدث بواسطة ابدال  $\frac{ع}{٢٢}$  بمقداره التقريبي وهو ٢  $\frac{ع - ع'}{ع + ع'}$

\* (٢٢٨) \*

$$٠.٧٤ = ٠.٧٧٦ - \frac{ع - ع'}{ع + ع'} - (ع - ع')$$

$$\text{ومن هنا ينتج } ع' - ع = ٠.٧٧٦ - (ع - ع') = ٠.٧٤ - (ع + ع')$$

اوانه يحدث بجعل  $ع = ٠.٦$

$$ع' - ١٥ = ٠.٧٧٦ - ع = ٠.١٧٤ \text{ ومنها ينتج}$$

$$ع = ٠.٥٧ \pm ٠.٢٨$$

والموافق هنا هو مقدار  $٠.٢٩$  الثاني دون غيره لان  $ع'$  اصغر من  $ع$  ويمكن البرهنة على ان هذا المقدار يحقق معادلة (٢) بوجه تقريبي كاف لانه يوجد

$٠.٥٣٨٨ (٢٣٠٢٦ \div ٢٢٩) + ٠.٢٩ = ٠.٦٨$  عوضا عن  $٠.٦٧$  لكن اذا وضع لكمية  $ع'$  المقدار  $٠.٣٠$  شوهد انه صحيح تقريبا ولا يختلف الا باقل من  $٠.١$

ومن ذلك يؤخذ ان الضغط ضد الانتهاء المبين على العموم بكمية  $ع' \times \frac{ع}{ع'}$  يكون في هذه الحالة ضعف الضغط ضد الابتدائي

فاذا كان  $ع$  نصف الحجم المفروض له بمعنى انه يكون مساويا  $٠.٣$  فانه يحدث من معادلة (١)

$$٠.٧٤ = ٠.٢٦٩ - (٢٣٠٢٦ \div \frac{ع}{ع'}) - (ع - ع')$$

اوانه يحدث على وجه الاختصار

$$٠.٧٤ = ٠.٥٣٩ \times \frac{ع - ع'}{ع + ع'} - (ع - ع')$$

ومن هنا ينتج بجعل  $ع = ٠.٣$

$$ع' - ٦١.٣ = ٠.٧٤ - ع = ٠.٤٩٥$$

$$\text{ومن ذلك ينتج } ع' = ٠.٣٠٦ - ٠.٢١ = ٠.٩٦$$

فيكون الضغط الانتهاءي اكبر من ثلاثة امثال ضد وحيث ان يشاهد انه يمكن حساب حجم الهواء الذي يلزم ان يكون مظروفا في الحوض لكيلا يتجاوز

اعظم

اعظم الانضغاطات الحادثة من الضربات الكبشية المذمومة له  
٢٥٣ ويمكن حساب الشغل المقاوم الحادث من اختناقات سواقط الطلبات  
حسابا تقريرا بواسطة القوانين المنسوبة للتغيرات الدفعية للقطع في انابيب  
التوصيل

٢٥٤ ويصعب تعيين الشغل المقاوم المنسوب لاصطدام السواقط بواسطة  
الحساب لكنه يرى بالسهولة ان هذا المفقود والمتقدم يمكن تنقيصه ما بسبب  
بطء تحرك المكبس وفي العمل لا تتجاوز السرعة المتوسطة للمكبس عادة ٣٠ ر ٢٠  
في الثانية الواحدة

ويحسب حجم الماء المرفوع بطلمبة بطيئة التحرك بدون خرير بواسطة الحجم  
الاسطوانى الذى يتولد من المكبس وينقص في العمل حجم الماء المرفوع بالطلبات  
المتتمة ٣ أو ٤ في المائة

واما في الطلبات الاعتيادية فانه ينقص عادة من ١٠ الى ٢٠ في المائة  
ويذكر في بعض التجارب ان حجم الماء المرفوع بطلمبة يجاوز الحاصل النظرى  
لهذه الطلمبة وذلك ناتج من السرعة الحاصلة للماء في انبوبى المص

والرفع كناية لمنع السواقط عن الهبوط حين يشرع المكبس

في هبوطه غير ان فائدة ذلك لا تعادل

الضرر الناشئ عن المصادمات

الشديدة التى تكون

حينئذ حاصلة في

السواقط

تم بحمد الله

وكان الفراغ من تمام طبعه بدار الطباعة العامرة المنشأة بـ ولاق

مصر القاهرة ادام الله عز منشيها ومشيد مبانيها

صاحب السعادة الابديه والهمة العمريه والفخر

العلي الحاج محمد علي وذلك خمسة عشر

خلفت من صفر الخير سنة ١٢٦٤ هـ من

الهجرة النبوية على صاحبها

افضل الصلاة وازكى

التحية





ESEN-CPS-BK-0000000882-ESE

465149





